



# Den gråblå vägen till grönska

EN UNDERSÖKANDE STUDIE ÖVER REGNBÄDDARS POTENTIAL ATT GÖRA PLATS FÖR TRÄD I GATUMILJÖ  
MED GESTALTNINGSEXEMPEL FRÅN VÄSTERPORT, VARBERG.

Anton Åberg

# Den gråblå vägen till grönska

En undersökande studie över regnbäddars potential att göra plats för träd i gatumiljö med gestaltningsexempel från Västerport, Varberg.

The grey-blue way to greenery

An explorative studie of the potential to use rain gardens to make place for trees in street environment - with a design proposal from Västerport, Varberg

Författare: Anton Åberg

Handledare: Tobias Emilsson, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Biträdande handledare: Arne Nordius, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Examinator: Björn Wiström, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Biträdande examinator: Eva-Lou Gustafsson, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Omfattning: 30 hp

Nivå och fördjupning: A2E

Kurstitel: Master Project in Landscape Architecture

Kurskod: EX0852

Program: Landscape Architecture Masters' Programme

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2019

Omslagsbild: Anton Åberg

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: Regnbädd, Hållbar dagvattenhantering, Biofilter, Rain garden, SuDS, Stadsträd, Gatuträd, Gatumiljö, Landskapsarkitektur

SLU, Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

# SAMMANFATTNING

Den moderna, täta urbana miljön bjuder på många utmaningar kring hur de processer som är givna i en naturlig miljö, ska hanteras när ekosystemen sätts ur spel. En så enkel sak som regn kan bli ett stort problem när all mark som kunde omhändertagit nederbörden blivit hårdgjord eller bebyggd. Av samma anledning lämnar den täta staden lite plats för etablering av träd, vilket innebär förluster av viktiga ekosystemtjänster.

Det här arbetet undersöker hur regnbäddar kan utformas för att hantera dagvatten på ett hållbart sätt. Fortsatt undersöker litteraturstudien vad som krävs för att träd ska kunna växa och trivas i den urbana miljön, samt hur detta kan kombineras med regnbäddskonstruktioner, för att på så sätt göra plats för träd i gatumiljö. Resultaten från litteraturstudien prövas sedan i ett gestaltningsexempel från den planerade stadsdelen Västerport i Varberg.

Regnbäddar kan beskrivas som växtbäddar konstruerade för att ta emot dagvatten. Detta görs dels genom att dagvatten leds ned i växtbädden, samt genom att byta ut den vanliga växtjorden mot ett substrat anpassat för hög infiltration, vilket ökar växtbäddens förmåga att omhänderta- och fördröja stora mängder vatten. Regnbäddar kan på så sätt avlasta det konventionella dagvattensystemet med upp till 90% inom upptagningsområdet. Den höga infiltrationskapaciteten gör dock att regnbäddar, namnet till trots, ofta får en väldigt torr ståndort, med periodvis översvämning. Detta ställer stora utmaningar kring växtvalet i bädden, som måste tåla långa perioder av torka. Genom att konstruera regnbäddar med en tät duk i botten och ett luftigt förstärkningslager under regnbäddens filtersubstrat, skapas ett vattenmagasin som kan lagra upp till 400 liter vatten per kubikmeter förstärkningslager. Vattenmagasinet kan liknas med ett artificiellt grundvatten, vilket kan jämnas ut extremerna mellan torka och översvämning genom att säkra växttillgängligt vatten under längre perioder. På så sätt kan man öka möjligheten att använda träd-och större lignost material i regnbäddar, som annars hade haft svårt att hålla denna typ av vegetation.

Träden fyller många funktioner i den urbana miljön. De kan bidra med såväl estetiska värden som utjämning av vind- och ackumulerad värme, partikelfiltrering och inte minst bidra till hållbar dagvattenhantering. Genom trädens förmåga att fånga upp regnvatten i sina kronor och fördröja dess väg mot marken, minskar- och fördröjer de en del av det regnvatten som annars skulle blivit dagvatten. I nästa led bidrar träden genom att förbruka dagvatten för att kunna växa och leva, vilket även minskar mängden vatten som måste hanteras av dagvattenledningarna.

I många fall får träd i gatumiljö mycket begränsat rotutrymme, vilket minskar möjligheterna för träden att växa och trivas och således också uppfylla de ekosystemtjänster de har potential till. I en beräkningsmodell beskriven av Lindsey & Bassuk (1991) beräknas trädens minimikrav på vattentillgång per träd och dygn, genom att beräkna trädets storlek, totala lövarea (LAI) och potentiella transpiration. Genom att beräkna trädets vattenåtgång kan en uppskattning göras av hur väl en regnbädd kan motsvara trädens vattenbehov samt hur mycket vatten träden kan avlasta från regnbädden.

I gestaltningsexemplet från Västerport prövas metoderna för utformning av regnbäddar med artificiellt grundvatten och beräkningsmetoden för ett trädets vattenbehov. Genom att beräkna volymen på regnbäddens vattenmagasin och jämföra med vattenbehovet för de träd som planeras för bädden, kan en uppskattning göras kring hur länge vattenmagasinet räcker under en torkperiod samt hur mycket vatten träden kan avlasta från bädden. Genom gestaltningsexemplet visas att regnbäddar, vid rätt utformning, har stor potential att både bidra till hållbar dagvattenhantering och göra plats för träd i gatumiljö.

# ABSTRACT

The modern, dense urban environment offers many challenges regarding how processes that are given in a natural environment should be handled when the ecosystems are out of balance. Such a simple matter as rain can become a major problem when all ground has been built or sealed. For the same reason, the dense city leaves little room for the establishment of trees, which means losses of important ecosystem services.

This thesis investigates literature regarding how sustainable urban drainage systems (SuDS) can be designed to handle stormwater in a sustainable way. The literature study continues on what is required for trees to be able to grow and thrive in the urban environment, and how this can be combined with SuDS constructions, in order to make room for trees in the street environment. The results of the literature study are then tested in a design example from the city development project Västerport in Varberg, Sweden.

SuDS can be described as planting beds designed to handle storm water. This is done by leading stormwater into the planting bed, and replacing the soil with a substrate constructed to support high infiltration, which increases

the planting bed’s ability to handle and delay large quantities of water. SuDS can thus relieve the conventional stormwater system by up to 90% within the catchment area. The high infiltration capacity, however, means that SuDS often are very dry, with periodic flooding. This poses great challenges to the plants in the bed, which must withstand long periods of drought. By constructing SuDS with a porous reinforcement layer under the filter substrate, a water reservoir is created which can store up to 400 liters of water per cubic meter of reinforcement layer. The water storage can work as an artificial groundwater, which can even out the extremes between drought and flooding by securing plant-accessible water for extended periods. In this way the possibility of using trees in SuDS increases.

Trees have many functions in the urban environment. They can contribute with both aesthetic values as well as lowering wind and accumulated heat, particle filtration and, not least, contribute to sustainable stormwater management. Trees’ ability to catch rainwater and delay the waters’ way towards the ground, they reduce and delay some of the rainwater that would otherwise become stormwater. Furthermore, trees contribute by consuming stormwater to be able to grow and live, which also reduces the amount of water that must be managed by the stormwater pipes.

In many cases, trees in street environment get very limited rooting space, which reduces the opportunities for the trees to grow and thrive and thus also deliver the ecosystem services they potentially could. In a calculation model described by Lindsey & Bassuk (1991), the trees’ minimum requirements for water supply are calculated by the tree’s size, total leaf area (LAI) and potential perspiration. By calculating the water consumption, an estimation can be made of how well a SuDS can correspond to the water needs for trees and how much water the trees can relieve from the SuDS.

In the design example from Västerport, the methods for designing SuDS with artificial groundwater and the calculation method for a tree’s water needs are tested. By calculating the volume of the water reservoir and comparing with the water requirement for the trees, an estimate can be made about how long the water reservoir lasts during a drying period and how much water the trees can relieve from the bed. The design example shows that SuDS have great potential to both contribute to sustainable stormwater management and make room for trees in street environments

# Förord

Redan tidigt i min utbildning fick jag upp ögonen för växtteknik som en viktig del i lösningen för en hållbar utveckling av våra urbana miljöer. I det här arbetet har jag fått möjlighet att fördjupa mina kunskaper i hur växtteknik och innovativ dagvattenhantering kan kombineras för att skapa städer som är hållbara för både människa och miljö.

Jag vill rikta ett stort tack till följande personer, som på olika sätt hjälpt mig att ro det här arbetet i hamn.

Tack till:

Handledare, Tobias Emilsson - SLU Alnarp  
- *För god vägledning genom hela projektet.*

Biträdande handledare, Arne Nordeus - SLU Alnarp  
- *För hjälpsamma tankar och idéer.*

Kent Fridell och Patrick Bellan - SLU Alnarp  
- *För viktiga bidrag när litteraturen inte räckte till.*

Pär Selander - Varbergs Kommun  
- *För uppmuntran, entusiasm och hjälp med arbetsmaterial.*

Samtliga på Sweco Architects, Halmstad  
- *För att ni med tog emot mig och lät mig bli en del av Sweco. För att ni tog med mig på givande möten och workshops och bidrog med goda råd, idéer och uppmuntran.*

Peter Sandén, Ola Olsson och Jenny Håkansson - Sweco Halmstad  
- *För ert engagemang, idéer och givande samtal.*

Övriga på Sweco Halmstad  
- *För varmt mottagande, trevliga samtal och otaliga pingisnederlag.*



# Innehåll

Inledning	1
BAKGRUND	1
Ett klimat i förändring	1
Den hårdgjorda staden	1
Träd i urban miljö	1
Västerport, Varberg	1
MÅL OCH SYFTE	2
FRÅGESTÄLLNING	2
AVGRÄNSNINGAR	2
METOD	2
Förstudie	2
Litteraturstudie	2
Referensstudie	2
Gestaltningsexempel	2
Diskussion	2
Förstudie	3
Litteraturstudie	4
DAGVATTEN	4
Den naturliga vattencykeln	4
Hållbar dagvattenhantering	4
Dagvattenkedjan	5
Biofilter	5
Regnbäddar	5
Regnbäddar typ 1-5	6
Över eller under mark	7
Curb-cut och curb-extension	7
Filtermaterial/växtjord	7
Dimensionering av regnbäddar	8
Fördröjningseffekt	8
Regnbäddar som ståndort	8
TRÄD	9
Träd i urban miljö	9
Trädens krav	9
Beräkningsmetod vattenåtgång	9

Sammanfattning beräkningsmetod	10
Luftiga förstärkningslager	10
Skelettjord	10
SAMMANFATTNING LITTERATURSTUDIE	11
Referensstudie	12
MONBIJOUGATAN, MALMÖ	13
TÅSINGE PLADS, KÖPENHAMN	14
JAKTGATAN, STOCKHOLM	15
Gestaltningsexempel	16
FÖRUTSÄTTNINGAR	17
AVRINNINGSSOMRÅDE	18
Beräkning av dagvattenflöde gatumark	18
Beräkning av dagvattenflöde tak	18
AVVATTNINGSPRINCIP	19
REGNBÄDDEN SOM HELHET	20
REGNBÄDDENS KONSTRUKTION	21
TRÄD I REGNBÄDDEN	23
Magasinsgatans ståndort	23
TRÄDBERÄKNINGAR	23
PLANTERINGSPLAN	24
VÄXTFÖRTECKNING	24
Diskussion	28
SAMMANFATTANDE DISKUSSION	29
RESULTATDISKUSSION	29
METODDISKUSSION	30
VIDARE STUDIER	31
AVSLUTANDE ORD	31
KÄLLFÖRTECKNING	32
FIGURFÖRTECKNING	33

# Inledning

## BAKGRUND

### Ett klimat i förändring

De senaste åren har vi fått en föraning om vad ett förändrat klimat, med mer frekventa- och kraftigare skyfall kan innebära för våra städer. Översvämningarna till följd av skyfall i Köpenhamn 2011 och Malmö 2014, är exempel på hur stora mängder regn på kort tid kan ställa till med enorma problem, med stora ekonomiska följder. Enligt SMHI:s klimatologirapport Extremregn i Nuvarande och Framtida Klimat (2017), finns det dock inga bevis för att vare sig frekvensen eller intensiteten av skyfall har ökat, än. Enligt de klimatberäkningar som gjorts i rapporten tyder dock mycket på att både frekvens och intensitet kommer att öka med 20-40% fram till år 2100 (Olsson et al, 2017). Men om skyfallen inte har ökat de senaste decennierna, vad är det då som gjort oss så uppmärksamma på regnen och dess förödande konsekvenser?

### Den hårdgjorda staden

Under de senaste decennierna har stadsplaneringen i Europa fokuserats kring förtätning (Stähle, 2005). I och med en tätare stadsbyggnad, ersätts genomsläpplig mark med bebyggd yta, vilken saknar förmågan att ta emot regnvatten. Samtidigt hårdgörs allt mer av den markyta som återstår, med argument om ökad tillgänglighet och förenklad skötsel (Svenskt vatten, 2016 B). Den hårda exploateringen och ökningen av andel hårdgjord yta resulterar dock i kraftigt minskade möjligheter för naturlig infiltration av regnvatten, som i stället måste hanteras på annat sätt (Naturvårdsverket, 2017). Allt sedan 1900-talets början har lösningen på dagvattenhantering varit nedgrävda dagvattenledningar, som ska samla och transportera bort vattnet i rörsystem under jord. Med en ökad andel hårdgjord yta, ökar också mängden dagvatten som ledningarna ska ta hand om radikalt. Vid skyfall fylls dagvattenledningarna snabbt och klarar inte av att ta hand om allt det vatten som kommer, vilket leder till översvämning och riskerar mycket kostsamma följder, likt exemplen från Malmö och Köpenhamn. Med alternativa lösningar för dagvattenhantering, där dagvattnet tas om hand och fördröjs ovan mark, kan många av de problem som finns med dagens lösningar avhjälpas och kostsamma följder undvikas (Svenskt vatten, 2016 B).

### Träd i urban miljö

Träd fyller många funktioner i den urbana miljön, vilka blir allt viktigare när vi förtätar våra städer. De kan bland annat bidra med kulturella ekosystemtjänster, då de främjar människors hälsa och välbefinnande (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). De bidrar även med reglerande ekosystemtjänster, då träd genom sin beskuggande funktion kan minska den

ackumulerade värmen i hårdgjorda miljöer. På samma sätt kan de minska värmeinstrålningen i byggnader, vilket kan reducera kostnaden för kylning sommartid (Oke, 1988). Dessutom, och inte minst, kan stadsträd spela en viktig roll i hållbara dagvattenlösningar. Trädens kronor kan fånga upp regnvatten och på så sätt fördröja- och i viss mån förhindra vattnets väg mot marken. I nästa led bidrar även trädens rötter, genom att suga upp vatten som sedan kan transpirera genom trädet, vidare ut i atmosfären (Sjöman & Slagstedt, 2015; Lindfors, Bodin-Sköld & Larm, 2014).

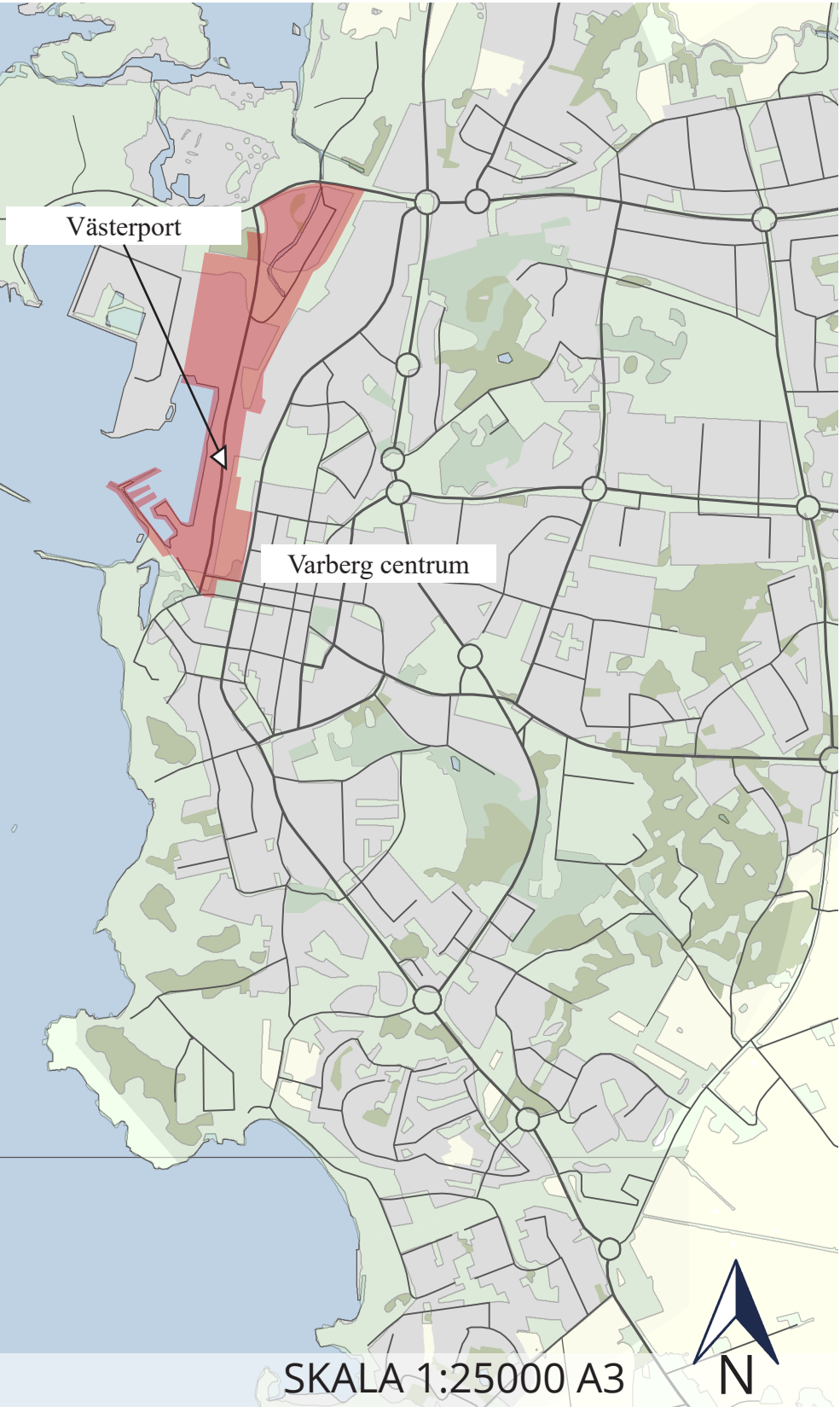
Enligt Stähle (2005) leder dagens ideal om den täta staden dock ofta till att det blir ont om plats kvar till både genomsläpplig mark och utrymme för träd, särskilt av större kvaliteter. Resultatet blir för små växtbäddar med små träd i dålig kondition, som således inte kan ge oss alla de ekosystemtjänster som vi så väl behöver i den urbana miljön (Stähle, 2005).

Genom att använda moderna tekniker för uppbyggnad av växtbäddar kan man ta hand om dagvattnet och använda det som en resurs, i stället för att se det som ett problem som måste avlägsnas. Pågående projekt visar på att man på så sätt kan skapa hållbara lösningar som både tar hand om dagvattnet samt utnyttjar det för att skapa välmående stadsträd (Sjöman & Slagstedt, 2015; Lindfors, Bodin-Sköld & Larm, 2014)

### Västerport, Varberg

I samband med en ombyggnation av västkustbanans sträckning genom Varberg, planeras en del av hamnen- och det gamla banområdet att exploateras för att bli en ny stadsdel, med bostäder och samhällsfunktioner. I planprogrammet för byggnationen av den nya stadsdelen Västerport, konstateras att dagvattenhanteringen för området bör utformas i ett tidigt skede i exploateringsprocessen, för att på så sätt kunna integrera den på ett funktionellt och estetiskt tilltalande sätt. Man framhäver även vikten av träd i gatumiljön, för att minska vind och buller samt ge karaktär åt gaturummet.

Samtidigt som kommunen tar fram detaljplan med tillhörande gestaltungsprogram, arbetar Sweco med en förprojektering av marken i området. Mitt arbete kommer att göras ihop med Sweco, dock vid sidan av deras projekt, men med tydliga kopplingar och exempel från projekteringen av Västerport I Varberg.



Figur 1. Översiktskarta, Varberg.

# MÅL OCH SYFTE

Syftet med det här arbetet är att få en större förståelse för hur innovativ dagvattenhantering kan nyttjas för att få in fler värden i det urbana landskapet. Syftet är även att inspirera till nytänkande kring dagvattenhantering och vegetationsanvändning och dess roll i städerna.

Målet med arbetet är att att göra en teoretisk genomgång av aktuell litteratur och samt studera verkliga exempel, för att skapa en bild av ’best management practice’ inom dagvattenanläggningar och trädanvändning i dessa. Målet är också att ta fram planer och sektioner för hur konstruktioner för innovativ dagvattenhantering kan göra plats för träd i gatumiljö, med exempel från Västerport i Varberg.

# FRÅGESTÄLLNING

*Hur kan vi utforma dagvattenlösningar så att de kan bidra med både dagvattenhantering och träd i gatumiljö?*

# AVGRÄNSNINGAR

Geografiskt avgränsas arbetet utifrån definitionen av stadsdelen Västerport och mer specifikt Magasinsgatan, enligt Varbergs kommuns planprogram. Magasinsgatan bör dock ses som ett exempel för applicering av de dagvattenanläggningar som behandlas i arbetet. Gatans övriga gestaltning har inte behandlats i arbetet.

Arbetet fokuserar huvudsakligen på gatumiljöer och tar inte med parker, torg eller andra offentliga miljöer. Arbetet behandlar således inte heller stora dagvattenanläggningar, så som dammar eller våtmarker, då dessa inte kan appliceras i gatumiljö. Fokus ligger i stället på biofilter, då dessa är mest applicerbara i gatumiljö.

Arbetet riktar in sig på landskapsarkitektens perspektiv av dagvattenhantering, kring frågor om funktion och utformning av innovativa dagvattenlösningar, samt vad dessa kan bidra med i den urbana miljön. Inga kostnadsberäkningar utförs då detta ligger utanför arbetets fokusområde kring konstruktion och funktion.

# METOD

Arbetet delas in i tre huvudsakliga avsnitt;

- 1 - Förstudie
- 2 - Gestaltningsexempel
- 3 - Diskussion

**Förstudie**  
Förstudien är uppdelad i två avsnitt; Litteraturstudie och referensstudie.

**Litteraturstudie**  
I litteraturstudiens första avsnitt undersöktes hållbar dagvattenhantering som koncept samt principerna kring utformning och konstruktion av hållbara dagvattenlösningar, med fokus på biofilter och regnbäddar. I litteraturstudiens andra avsnitt undersöktes trädens funktion- och de utmaningar de möter i den urbana miljön, samt vilka krav träd ställer för god utveckling. Litteraturstudien var vägledande i den efterkommande gestaltnings-exemplet och låg till grund för konstruktion och dimensionering av regnbädden i gestaltningsförslaget. Litteraturen som studerats består av vetenskapliga artiklar, böcker, tekniska dokument, ritningar, myndighetsrapporter och information från hemsidor. Litteraturen har sökts genom databaser tillgängliga via SLUs bibliotek, i huvudsak Web of Science och Google Scholar, samt i fysisk form på Alnarps bibliotek. I de texter jag läst har jag även funnit vidare hänvisningar till liknande litteratur. Sökord som användes var *hållbar dagvattenhantering, regnbäddar, biofilter, sustainable storm-water management, träd i gatumiljö, gatuträd, trees demands, växtbäddar för träd*, och variationer på dessa. I studien har jag använt mig av både svensk och internationell litteratur.

Inför gestaltningen studerades planprogrammet för Västerport i Varberg, för att få en bild av kommunens mål för utvecklingen av stadsdelen. Dokumentstudien fokuserade på de delar av planprogrammet som behandlar dagvattenhantering och gatumiljö.

**Referensstudie**  
För att få djupare förståelse för hur hållbar dagvattenhantering kan appliceras i verkliga situationer, samt inspiration till konstruktion och utformning, gjordes en referensstudie av tre verkliga projekt. Referensprojekten valdes ut efter efterforskningar på nätet, samt rekommendationer från min handledare Tobias Emilsson. De projekt som studerades var:

Monbijougatan, Malmö  
Norra Djurgårdsstaden, Stockholm  
Tåsinge Plads, Köpenhamn

Referensprojekten studerades huvudsakligen genom ritningar och tekniska dokument från referensprojektens respektive kommun, artiklar, samt en inventering gjord som ett examensarbete (30hp) av tidigare student vid SLU (Skoglund, 2018). Detta innebär att källorna i referensstudien i huvudsak utgörs av andrahandskällor. Genom att jämföra inventeringen med ritningar och tekniska dokument kunde de olika källornas legitimitet styrkas gentemot varandra. Då referensstudiens huvudsakliga funktion var att agera inspiration till gestaltningen, ansågs andrahandskällor vara tillräckligt legitimt för syftet.

**Gestaltningsexempel**  
I gestaltningsexemplet prövas de kunskaper och erfarenheter som hämtats genom förstudien. Projektområdet presenterades av landskapsarkitekterna på Sweco Architects i Halmstad och diskussioner fördes med landskapsarkitekter och markprojektörer på Sweco samt landskapsarkitekt på Varbergs kommun för att precisera förutsättningarna för det aktuella området. Utifrån dessa förutsättningar, samt inhämtad kunskap från förstudien, utformades sedan ett gestaltningsexempel på hur en regnbädd kan göra plats för träd i gatumiljö.

**Diskussion**  
I diskussionen förs diskussion och reflektion utifrån de lärdomar som tillförskaffats genom arbetet. Diskussionen behandlar arbetet som helhet och går sedan djupare in i resultat och metod, för att i ett sista steg begrunda vad som framkommit av studien, hur det kan användas och vad det kan bidra med i planering och projektering av grönbå lösningar för gatumiljö.

# Förstudie

Den första delen av arbetet utgörs av förstudie, som består av en litteraturstudie samt en referensstudie. I förstudien samlas kunskap och inspiration för att svara på frågeställningen; *Hur kan vi utforma dagvattenlösningar så att de kan bidra med både dagvattenhantering och träd i gatumiljö*, samt för att ta med detta in i det fortsatta gestaltungs-exemplet.

Förstudien ligger även till grund för de diskussioner som efterföljer gestaltningsexemplet, där de kunskaper och erfarenheter som inhämtats under arbetets gång diskuteras.



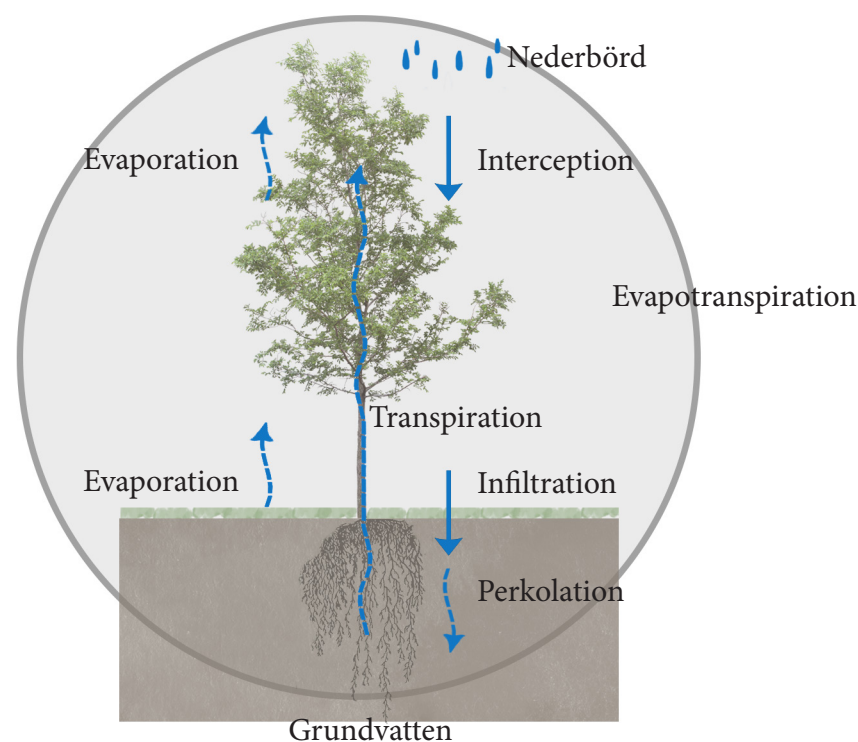
# Litteraturstudie

I litteraturstudien studeras vetenskapliga publikationer, offentliga handlingar, artiklar, samt tryckt litteratur för att skaffa en helhetsbild över hållbar dagvattenhantering och dess roll i det moderna samhället. Även föreläsningar bidrar till studien, i frågor angående uppbyggnad och konstruktion av regnbäddar samt vegetationsval för detsamma. Föreläsningarna hölls av Kent Fridell och Patrick Bellan, båda lärare vid SLU Alnarp. Fokus i litteraturstudien ligger på regnbäddar och hur dessa kan konstrueras för att både hantera dagvatten på ett hållbart sätt och samtidigt fungera som växtbäddar för träd. I litteraturstudien undersöks därmed också träd och dess krav på livsförutsättningar, för att få en bild av hur de hållbara dagvattenanläggningarna kan motsvara detta.

## DAGVATTEN

### Den naturliga vattencykeln

I ett ruralt landskap finns en mängd olika biotoper som kan ta emot regnvatten. Skogar, ängar och våtmarker är exempel på biotoper som har förmågan att ta emot och på olika sätt hantera det regnvatten som kommer (CIRIA, 2015). Genom en rad olika processer färdas vattnet sedan genom landskapet, för att därefter avdunsta tillbaka ut i atmosfären och till sist återigen falla ned som regn och därmed sluta cirkeln i den naturliga vattencykeln. De processer som vattnet genomgår i den naturliga vattencykeln är infiltration, perkolation, transpiration, interception och evaporation (evapotranspiration). *Infiltration* är den process då vattnet tar sig ned i marken genom porer i jord eller substrat. *Perkolation* är vattnets fortsatta rörelse ned genom den om omättade delen av marken, till den mättade delen, det vill säga grundvattnet. I de fall det finns växter som kan ta upp en del av det vatten som infiltrerats och perkolerats, kan vattnet sedan *transpireras* genom växten och via växtens klyvöppningar vidare ut i atmosfären. *Interception* är när regnvattnet i stället fångas upp av vegetationens blad och grenverk. Därefter faller en del av vattnet till marken, medan en del avdunstar direkt. Denna avdunstning kallas *evaporation* och innefattar all den avdunstning som sker från olika ytor och material. *Evapotranspiration* är det samlande begreppet för de processer där regnvattnet på olika sätt evaporeras och transpireras ut i atmosfären (CIRIA, 2015; Nationalencyklopedin).



Figur 2. Naturliga vattencykeln. Illustration: Anton Åberg, efter sammanställning av CIRIA (2015)

I många av våra urbana miljöer ersätts de permeabla ytorna med bebyggelse eller hårdgjorda ytor, vilket kraftigt förändrar förutsättningarna för den naturliga vattencykeln och försvårar eller helt omöjliggör de naturliga processer som tar hand om regnvattnet (CIRIA, 2015; Naturvårdsverket, 2017). Eftersom regnvattnet inte kan tas om hand på plats, blir det till dagvatten som i stället ska transporteras bort så fort som möjligt, vilket med konventionella metoder innebär i rör under marken. Vid skyfall med stora vattenflöden riskerar dessa ledningar att snabbt fyllas och inte kunna ta emot allt dagvatten, vilket kan leda till kostsamma översvämningar (CIRIA, 2015).

*"Historiskt har vi skapat en konstruktion som har fyllt en funktion; en som ska ta hand om dagvattnet, en som ska ta hand om takvattnet, en som ska fungera som växtbädd. Vi har upptäckt att vi måste hitta lösningar som fyller flera funktioner och ändamål, för vi har helt enkelt mindre plats." - (Kent Fridell, muntligt, 2019-02-15).*

### Hållbar dagvattenhantering

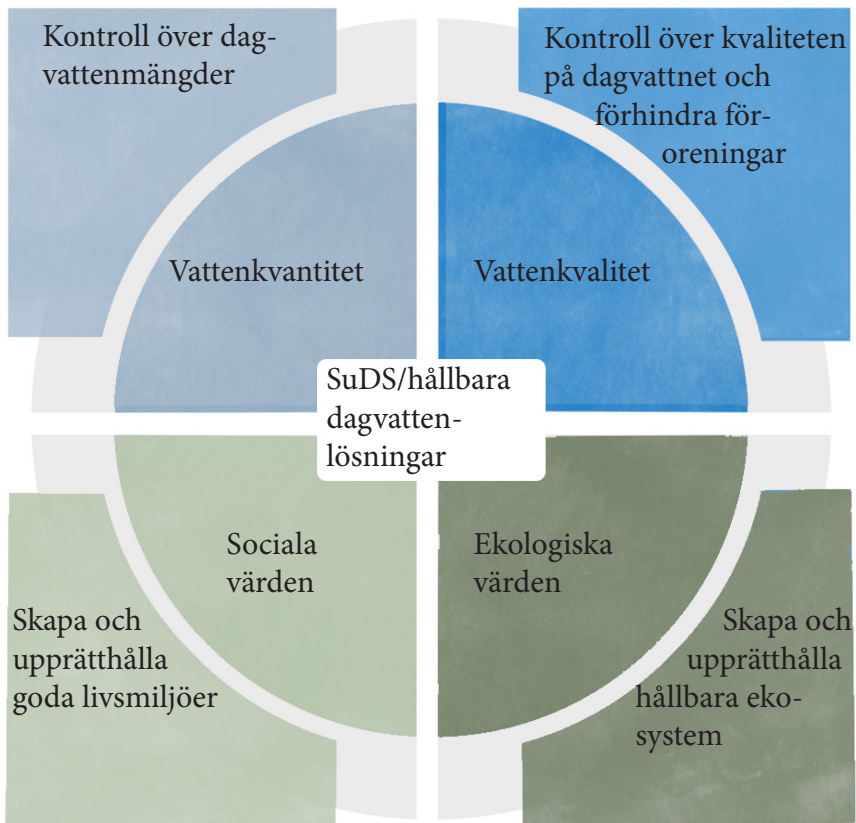
*Hållbar dagvattenhantering* (eng, sustainable storm water management) är ett samlingsbegrepp, som syftar till all typ av dagvattenhantering som på ett eller annat sätt försöker efterlikna den naturliga vattencykeln. Målet är alltså att på olika sätt fördröja och ta hand om regnvattnet med hjälp av de processer som ingår i den naturliga vattencykeln, för att så lite som möjligt av vattnet ska ledas ut i det konventionella dagvattensystemet (CIRIA, 2015; Svenskt Vatten, 2007). Ett annat vanligt förekommande engelskt begrepp som beskriver samma sak är sustainable drainage systems (SuDS). SuDS beskrivs enligt CIRIA (2015) som system designade för att maximera möjligheterna och fördelarna som vi kan få ut av dagvattnet. Denna beskrivning framhäver alltså att dagvattnet inte behöver ses som ett problem som måste avlägsnas, utan likväl kan ses som en resurs som kan utnyttjas. Dessa potentiella fördelar kan delas in i fyra kategorier, enligt följande; vattenkvantitet, vattenkvalitet, sociala värden och ekologiska värden (se figur 3, sidan 5) (CIRIA, 2015). De fördelar som listas av CIRIA (2015) har många likheter med definitionen av ekosystemtjänster (eng, ecosystem services), som på senare år blivit ett väletablerat koncept både i Sverige och internationellt (Lunds Universitet, 2013). Ekosystemtjänster definieras som alla de värden människor och samhälle kan få ut av ett ekosystem och som vi är direkt eller indirekt beroende av (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).



Dessa ekosystemtjänster delas in i fyra kategorier enligt följande:

- *Försörjande*, som ger oss tex. Livsmedel och virke
- *Reglerande*, så som luftrening och klimatreglering, men även den naturliga vattencykeln som vi kan utnyttja för att hantera vattenflöden
- *Kulturella*, som bidrar med rekreation och ökar människors hälsa och välbefinnande
- *Stödjande*, som ger oss fotosyntes och bildning av jordmån och biogeo-kemiska kretslopp (Millennium Ecosystem Assessment, 2005; Naturvårdsverket, 2017).

Genom att implementera lösningar som efterliknar den naturliga vatten-cykeln kan en stor mängd ekosystemtjänster genereras, som kan förhöja kvaliteten på den urbana livsmiljön. Dels genom utjämning av dagvat-tenflöden, som således skapar mindre problem med översvämningar och föroreningar, men också i form av mervärden som ökad biodiversitet, reglering av temperatur, partikelfiltrering och estetiskt tilltalande stadsrum (Naturvårdsverket, 2017).

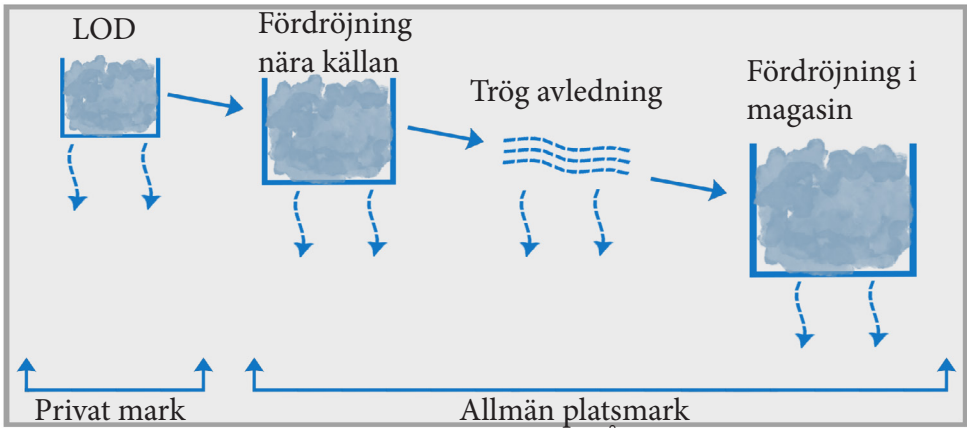


Figur 3. SuDS. Illustration: Anton Åberg, efter sammanställning av CIRIA (2015).

Dagvattenkedjan

Det finns en mängd olika lösningar för hållbar hantering av dagvatten, som kan utformas- och appliceras olika beroende på platsens förutsättningar och

kontext. Gemensamt för dem alla är att de på olika sätt och till olika grad bidrar till fördröjning, rening och infiltrering av dagvattnet (Lindfors, Bodin-Sköld & Larm, 2014). De olika dagvattenlösningarna bidrar till dagvattenhanteringen i olika steg, från lokala lösningar där nederbörden landar, till det slutliga omhändertagandet. Dessa olika steg kan delas in enligt en modell som kallas dagvattenkedjan (eng; storm water chain). Dagvattenkedjan som begrepp syftar till de olika dagvattenlösningarna som länkar, som kan läggas ihop och tillsammans bilda en kedja (CIRIA, 2015; Stahre, 2004). I boken *En Långsiktigt Hållbar Dagvattenhantering: Planering och Exempel* (2004) framhäver författaren, Peter Stahre, vikten av att nyttja flera länkar i dagvattenkedjan för att få optimal effekt av de hållbara dagvattenlösningarna. Även om enskilda lösningar kan bidra till hållbar dagvattenhantering, ökar effekten exponentiellt om flera lösningar kopplas samman i dagvattenkedjan (Stahre, 2004).



Figur 4. Dagvattenkedjan. Illustration: Anton Åberg, efter sammanställning av Stahre (2004).

CIRIA (2015) delar in de olika länkarna i dagvattenkedjan i sex kategorier, efter vilka funktioner som dagvattenlösningarna kan bidra med. CIRIA delar in lösningarna enligt följande; Nyttjande system (eng; rainwater harvesting systems), genomsläppliga ytor (eng; pervious surfacing systems), Infiltrerande system (eng; infiltration systems), avledande system (eng; conveyance systems), lagrande system (eng, storage systems) och behandlande system (eng; treatment systems). Det bör poängteras att ett och samma system kan fylla flera syften enligt den här modellen (CIRIA, 2015). Peter Stahre (2004) gör en annan indelning av dagvattenlösningarna, som i stället sorterar dem efter vilken plats de har i en tänkt dagvattenkedja. Stahre delar in dagvattenlösningarna i fyra kategorier enligt; Lokalt omhändertagande av dagvatten (LOD), fördröjning nära källan, trög avledning och fördröjning i magasin (se figur 4). Stahre påpekar också att lokalt omhändertagande av dagvatten (LOD) ofta felaktigt används för att beskriva all typ av hållbar dagvattenhantering. Enligt Stahres (2004) definition, utgörs LOD endast av småskalig dagvattenhantering på privat mark, som syftar till att fördröja dagvattnet innan det leds vidare till det kommunala dag-

vattensystemet. Fördröjning nära källan syftar i stället på de hållbara dagvattenlösningar som anläggs på allmän platsmark och som ämnar fördröja dagvattnet i ett tidigt skede. Trög avledning beskriver Stahre som hållbara dagvattenlösningar som är till för att leda bort vattnet från källan, i en långsammare process än de konventionella dagvattenledningarna. Fördröjning i magasin är det sista ledet i Stahres version av dagvattenkedjan och innefattar de lösningar som samlar upp vattnet från de tidigare skedena. Dessa lösningar är ofta storskaliga, för att kunna ta emot stora mängder vatten (Stahre, 2004)

Biofilter

Biofilter definieras enligt Vatteninformationssystem Sverige (VISS) som ”växtbevuxna infiltrationsbäddar där vattnet infiltrerar och renas av växter och filtermaterial genom en kombination av mekanisk, kemisk och biologiskt avskiljning” (VISS, 2015). Biofilter kan spela en viktig roll i dagvattenkedjan, då de kan bidra med en mängd viktiga ekosystemtjänster. Rätt konstruerat kan ett biofilter inte bara fördröja, utan även rena dagvattnet innan det förs vidare i dagvattensystemet, vilket innebär lägre föroreningshalter i recipienten (Szota, et al, 2018). Dessutom kan ett biofilter bidra med sociala- och bevarande ekosystemtjänster genom att den vegetation som finns i biofiltret erbjuder rekreation och upplevelsevärden, samt habitat för flora och fauna (CIRIA, 2015).

Vegetationen fyller viktiga funktioner i ett biofilter, både ovan och under markytan. I ett första led tar vegetationens blad- och grenverk upp och fördröjer regnvatten innan det landar i växtbädden. Växterna kan sedan avleda en del av det regnvatten som infiltrerar ned i filtersubstratet genom interception, evaporation och transpiration. Vegetationen bidrar även till att sänka hastigheten på det dagvatten som rinner in i bädden, vilket gör att sediment som leds in i via vattnet ges möjlighet att sjunka till botten och i viss mån fastna i växtligheten. Detta är viktigt för att bibehålla biofiltrets funktion, då sedimentet annars riskerar att täppa igen porerna och minska genomsläppligheten i substratet. Växterna påverkar även mikrolivet i filter-substratet (växtjorden) positivt, genom att tillföra syre och kolhydrater via rotsystemet. Mikrolivet kan i sin tur bidra till att minska förekomsten av skadliga mikroorganismer (Fridell & Jergmo, 2015).

Regnbäddar

En vanlig typ av biofilter är så kallade regnbäddar (eng. Rain garden). Regnbäddar började testas i Maryland i USA i början av 1990-talet, med mycket gott resultat. Syftet var att se om det gick att fördröja och rena dagvattnet genom infiltration i regnbäddarna, i stället för att leda det direkt ner i brunnar och ledningar och vidare ut i recipienten. Efter framgångarna i USA har det spridit sig och blivit ett väletablerat koncept även i Sverige och övriga världen (Fridell & Jergmo, 2015).

Regnbäddar kan konstrueras på en mängd olika sätt, men det finns några viktiga aspekter som förenar dem. Gemensamt för alla typer är målet att efterlikna naturens egna metoder för att omhänderta och i varierande grad rena dagvatten. (Stahre, 2004; Lindfors, Bodin-Sköld & Larm, 2014). Alla varianter innehåller någon form av inlopp, fördröjningszon, bräddningsavlopp, erosionsskydd, filtermaterial och vegetation. Grunden i alla former av regnbäddar är ett så kallat ”luftigt förstärkningslager”, som både bidrar med en fördröjande effekt på vattengenomströmningen, samt en bra markstruktur för god rottillväxt.

Ovanför förstärkningslagret anläggs en växtbädd med någon form av växtjord, där det sedan planteras träd, buskar eller perenner. Förstärkningslagret kan med fördel byggas ut vid sidan om växtbädden, för att utöka mängden rottillgängligt substrat för större växter och således även möjligheten för rötterna att rena vatten (Fridell och Jergmo, 2015; Philadelphia Water Department, 2014; Stahre, 2004).

Det bör noteras att en viktig skillnad finns mellan en regnbädd och en så kallad bevattningsbädd. En regnbädd är konstruerad på ett sådant sätt att dagvattnet leds ut över ytan och infiltrerar ned genom filtersubstratet, ned mot botten av bädden, där det sedan antingen kan lagras eller dräneras beroende på bäddens konstruktion. En bevattningsbädd kan i mångt och mycket likna en regnbädd på ytan, men skiljer sig i hur den hanterar dagvattnet. I en bevattningsbädd leds vatten från kringliggande ytor direkt ned till det underliggande förstärkningslagret, utan att infiltrera genom växtbäddssubstratet. Detta innebär även att en bevattningsbädd inte har någon fördröjningszon ovan jord. Därefter magasineras eller dräneras vattnet beroende på avvattningsens utformning. Denna skillnad är viktig att ta i beaktande vid val av vegetation till dagvattenanläggningen (Kent Fridell, muntligt, 2019-02-15).

Som nämndes tidigare kan regnbäddar utformas på en mängd olika sätt, beroende på platsens förutsättningar och önskad funktion, men det som främst skiljer dem åt är hur avvattningen är konstruerad. Detta i sin tur avgör vilken typ av vegetation som går att använda i växtbädden och således vilket visuellt uttryck anläggningen kommer få. Enligt Fridell & Jergmo (2015) kan regnbäddar delas in i fem olika kategorier beroende på hur avvattningen är utformad. I följande stycken beskrivs den indelning som definierats av Fridell och Jergmo (2015).

### Regnbäddar typ 1-5

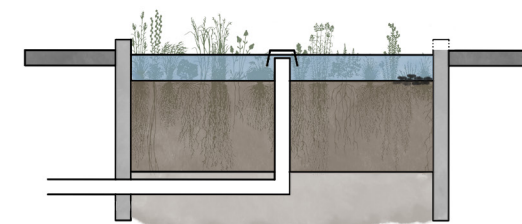
*Regnbädd typ 1* har, förutom bräddavlopp, inget artificiellt avvattningsystem. Det infiltrerade dagvattnet perkolerar i stället direkt ned till den underliggande markterrassen. Detta förutsätter att terrassen är genomsläpplig samt att grundvattenbildning är önskvärt för platsen. Då det perkolerade dagvattnet leds direkt ned till grundvattnet krävs också god kännedom om föroreningshalten i dagvattnet samt markterrassen. Vid höga föroreningshalter riskerar dessa att föras vidare och förorena grundvattnet. Eftersom stora delar av det dagvatten som infiltreras i regnbädden förväntas perkolera ned i grundvattnet, kan grundvattenhöjningen periodvis bli stor. Därför bör regnbäddar utan tät botten (typ 1-3) inte placeras närmare än 3-5 meter ifrån känsliga byggnader och anläggningar.

*Regnbädd typ 2* är, till skillnad från typ 1, försedd med en avvattnande dräneringsledning i botten av bädden. På så sätt förhindras att överblivet vatten blir stående i bädden. En stor del av det infiltrerade vattnet leds dock ned till terrassen, vilket innebär samma begränsningar angående föroreningshalter samt avstånd till kringliggande byggnader.

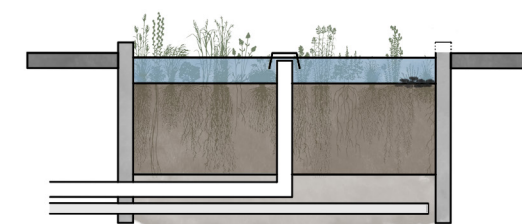
*Regnbädd typ 3* byggs upp med ett dränerande makadamlager under dräneringsledningen. Detta makadamlager bör vara minst 150 mm tjockt. Makadamlagret skapar en fördröjningszon som ger vattnet längre tid att perkolera ned till terrassen. Makadamlagret skapar även ett kapillärbrytande skikt, vilket innebär att dagvattnet kan perkolera ned till grundvattnet, men att grundvattnet inte kan stiga upp i växtbädden. Av samma anledning styrs inte mängden vatten i växtbädden av grundvattennivån i terrassen, utan av avståndet till dräneringslagret. Även från denna typ av regnbädd perkolerar stora delar av vattnet ned till grundvattnet, vilket ger begränsningar kring föroreningshalter och kringliggande byggnader och anläggningar.

*Regnbädd typ 4* har en tät duk under makadamlagret och upp på kanterna av bädden. På så sätt förhindras dagvattnet från att perkolera ned i terrassen och riskerar varken att förorena grundvattnet eller översvämma- och skada närliggande byggnader. Liksom i typ 3 styrs mängden växttillgängligt vatten av avståndet till makadamlagret.

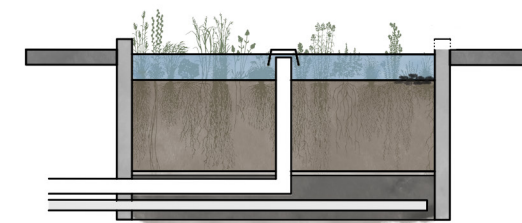
*Regnbädd typ 5* anläggs på samma sätt som typ 4, men med skillnaden att avvattningsystemet utformas med en slags vattenlås. På så sätt bildas en vattenreserv i makadamlagret, som kan hålla vatten även under långa torra perioder. Därmed ökar möjligheterna för växter att klara långa torkperioder, vilket är till stor fördel då endast ett grunt lager med växtjord kan användas, eller om träd ska användas i planteringen, då dessa har större behov av säker tillgång till vatten. I och med den långa fördröjningen av vatten ökar även möjligheten till rening av kväve genom denitrifikation. För optimal funktion bör det vattenmättade lagret vara minst 300 mm djupt.



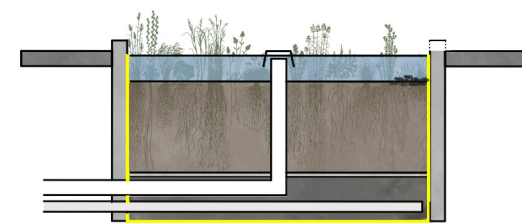
Figur 5. Sektion, regnbädd typ 1. Illustration: Anton Åberg.



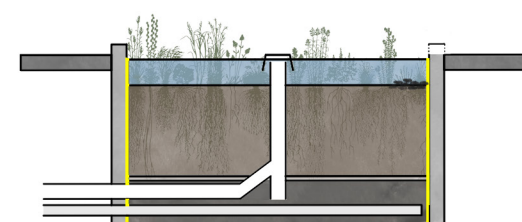
Figur 6. Sektion, regnbädd typ 2. Illustration: Anton Åberg.



Figur 7. Sektion, regnbädd typ 3. Illustration: Anton Åberg.



Figur 8. Sektion, regnbädd typ 4. Illustration: Anton Åberg.



Figur 9. Sektion, regnbädd typ 5. Illustration: Anton Åberg.



Över eller under mark

Beroende på vilka ytor regnbädden är ämnad att ta emot vatten ifrån, kan de konstrueras som antingen upphöjda eller nedsänkta (Lindfors, Bodin-Sköld & Larm, 2014). En upphöjd regnbädd byggs upp så att den ligger ovanför marknivå, likt en planteringslåda, och kan således inte ta emot något dagvat-ten från marken. Däremot kan takvatten ledas ned via stuprör, för att sedan infiltreras ned genom bädden. På så sätt kan regnbädden ta hand om takvatten från kringliggande byggnader, som annars hade letts ned i dag-vattenledningarna, och därmed avlasta dagvattensystemet. En annan variant innebär att regnbädden sänks ned i förhållande till omgivande ytor, vilket innebär att dagvatten från kringliggande markytor kan ledas ned i bädden. Genom att anlägga en nedsänkt regnbädd bildas även en fördröjningsvolym, även kallad fördröjningszon, ovanför filterssubstratet. Denna fördröjningszon kan bidra stort till utjämningen av dagvattenflöden, då stora mängder dag-vatten kan lagras där innan det filtreras ned genom bädden. En nedsänkt regnbädd kan även konstrueras så att den kan ta emot takvatten från när-liggande byggnader, vilket innebär att det sammanlagda upptagningsområdet kan bli mycket stort. Det blir därmed viktigt att dimensionera regnbädden utifrån vilka ytor den ska avvattna, för att garantera optimal infiltrations- och fördröjningsförmåga (Fridell och Jergmo, 2015; Lindfors, Bodin-Sköld & Larm, 2014).

Curb-cut och curb-extension

En regnbädd är en konstruktion som på ett eller annat sätt och till en eller annan grad kommer att ta upp plats i en gatumiljö. *Curb-cut* och *curb-extension* är engelska benämningar på två vanliga typer av regnbädds-konstruktioner i gatumiljö, där skillnaden mellan de två ligger i hur de tar upp plats i gaturummet. Gemensamt för båda typerna är att de anläggs som nedsänkta regnbäddar med någon form av kantstöd. Dagvatten från kringliggande vägbanor och trottoarer kan sedan ledas in i bädden genom öppningar eller släpp i kantstödet. Curb-cut anläggs som en del av trottoaren, vilket innebär att den gör anspråk på trottoarens utrymme. Detta förut-sätter en trottoarbredd som tillåter både regnbädd och plats för gångtrafik. Curb-extension byggs i stället ut från trottoaren och gör därmed anspråk på vägbanans utrymme (Philadelphia Water Department, 2014; Lindfors, Bodin-Sköld & Larm, 2014). Utformningen av en curb-extension har många likheter med en konventionell förskjutningsklack vid sidoförskjutning av vägbanan, som ofta används som farthinder i lågfartsområden (Trafikverket, 2018).

Även andra varianter förekommer, där regnbädden på ett eller annat sätt integreras i gatumiljön, ofta i form av en refug eller liknande konstruktion (Philadelphia Water Department, 2014).



Figur 10. Exempel på regnbädd av curb extension-modell. Monbijougatan, Malmö. Foto: Kent Fridell



Figur 11. Exempel på regnbädd av curb cut-modell. High Point, Seattle. Foto: Wiki Commons.

Filtermaterial/växtjord

Filterssubstratet i en regnbädd är avgörande för hur infiltration, rening och fördröjning fungerar och skapar även levnadsförutsättningarna för vegeta-tionen. Substratet har alltså flera funktioner, som alla måste verka i samspel, trots att de olika funktionerna ställer olika krav (Fridell & Jergmo, 2015; Philadelphia Water Department, 2014). Substratet ska å ena sidan fungera som växtjord och måste tillgodose växternas krav på näring, vatten och syre. Å andra sidan måste substratet fylla funktionen av ett bra filterssubstrat vad gäller rening och fördröjning av dagvattnet, vilket i sig är två funktioner som ställer olika krav på substratet. För optimal fördröjning bör substratet ha god genomsläpplighet och hålla kvar så lite vatten som möjligt, vilket innebär lite växttillgängligt vatten. Ur reningshänsyn bör materialet innehålla mycket ler för att uppnå låg infiltrationshastighet, vilket riskerar att växternas rötter får för lite syre samt att tömningen av fördröjningszonen blir för långsam ur fördröjningssynpunkt. Filterssubstratets egenskaper är alltså avgörande både för hur växtbädden fungerar och vilka förutsättningar som finns för växterna, samt hur infiltration, rening och fördröjning fungerar. Således måste filterssubstratet bli en medelväg som uppfyller samtliga funktioner så gott som möjligt, efter de krav som ställs (Fridell & Jergmo, 2015; Lindfors, Bodin-Sköld & Larm, 2014).

Lindfors, Bodin-Sköld & Larm (2014) ställer grovt uppskattade rekomen-dationer för vilka fysiska egenskaper filterssubstratet bör uppfylla (se figur 12).

Fysiska egenskaper	Rekommendation
Total porositet	≥ 50%
Luftfylld porositet (50 cm tension)	≥ 10%
Vattenfylld porositet (50 cm tension)	≥ 40%
Mättad hydraulisk konduktivitet	75-300 mm/h
Mullhalt (planteringar)	5-9%
Mullhalt (gräsytor)	3-5%

Figur 12. Tabell över rekommenderade egenskaper för filterssubstrat. Av Anton Åberg, efter sammanställning av Lindfors, Bodin-Sköld & Larm (2014).

Det bör noteras att dessa rekommendationer är starkt generaliserande och endast bör ses som en anvisning för vilken typ av egenskaper ett filterssubstrat bör besitta (Lindfors, Bodin-Sköld & Larm 2014). Filterssubstratet bör sedan anpassas efter situationen, för att möta de krav som ställs på regnbäddens funktion (Fridell & Jergmo, 2015; Lindfors, Bodin-Sköld & Larm, 2014).



För att tillgodose tillräcklig porositet används ofta en sandbaserad jord, med mycket lågt innehåll av fina partiklar (<0,2mm). Även där har Lindfors, Bodin-Sköld & Larm (2014) satt upp förslag på materialinnehåll, enligt; sand 70%, växtjord 15% och organiskt material 15%. Det finns dock många varianter på substrat som, beroende på innehåll, på olika sätt och till olika grad tillgodoser kraven för ett lämpligt filtersubstrat.

Ett annat alternativ är att blanda ut substratet med lavapimpsten, alternativt använda pimpsten som huvudkomponent i substratet. Pimpsten har en unik förmåga att hålla växttillgängligt vatten, samtidigt som den verkar dränerande (Stål & Bengtsson, 2010). Porstrukturen i pimpstenens yta gör att den både kan hålla vatten i makroporerna samt syre i mikroporerna. Porstrukturen innebär att den kan hålla växttillgängligt vatten under torkperioder, samt hålla syre under perioder då bädden är vattenmättad, samtidigt som den bibehåller hög hydraulisk konduktivitet (Bara Mineraler, 2018). Detta innebär en utjämning av de extremer som växterna riskerar att utsättas för i form av torka och syrebrist, vilket i sin tur kan bidra till större möjligheter vid växtval (Bara Mineraler, 2018; Stål & Bengtsson, 2010)

*”Väljer man ett substrat som är konstruerat specifikt för regnbäddar kan man förvänta sig en tillräcklig infiltrationskapacitet under en lång tid.”*  
- Gröna fakta; Grönblå infrastruktur, 2018

**Dimensionering av regnbäddar**

Dimensioneringen av regnbäddar beror på ett flertal faktorer. En viktig faktor är upptagningsområdet, det vill säga hur stor yta som regnbädden ska ta emot vatten från. Regnbäddens dimensionering baseras på den totala ytan av upptagningsområdet. Kring denna faktor finns olika uppfattningar, men samtliga rekommenderade värden befinner sig inom storleksordningen 2-10%, det vill säga storleken på regnbädden bör motsvara 2-10% av storleken på upptagningsområdet (CIRIA, 2015; Fridell & Jergmo, 2015; Lindfors, Bodin-Sköld & Larm, 2014) Det finns även en viktig faktor i anläggning och skötsel, där regnbäddens mått måste möjliggöra att dessa båda går att utföra effektivt. En regnbädd bör inte anläggas så att den kortaste sidan är mindre än 60 cm, då detta blir svårt att anlägga samt riskerar minskad funktion. Ur en skötselaspekt bör inte regnbädden göras bredare än 20 meter, för att från en lift komma åt mitten från båda sidor och på så sätt kunna utföra beskärningsarbeten i trädkronorna. Får liften inte plats på båda sidor om regnbädden bör den inte göras bredare än 10 meter. Regnbädden bör inte göras längre än 40 meter och inte heller med en area större än 800m2, för att inte riskera ojämn vattendistribution (CIRIA, 2015).

**Fördröjningseffekt**

Ett vanligt mål med regnbäddar är att fördröja dagvattnet för att minska risken för överbelastning av det konventionella dagvattensystemet. Vid lättare nederbörd infiltreras ofta vattnet i samma takt som det tillförs till bädden, men vid skyfall riskerar vattenflödena att överstiga regnbäddens infiltrationskapacitet och vattnet måste lagras i fördröjningszonen ovanför filtersubstratet (Fridell & Jergmo, 2015; Lindfors, Bodin-Sköld & Larm, 2014). Hur stor fördröjningskapacitet bädden har avgörs således i huvudsak av storleken på bädden och volymen på fördröjningszonen, samt filtersubstratets egenskaper. Generellt rekommenderas en fördröjningszon på 15-30 cm, vilket räcker för att fördröja ca 90% av årsnederbörden i normala svenska förhållanden, förutsatt att regnbäddens storlek motsvarar ca 5% av upptagningsområdet. Genom att anlägga nedsänkta regnbäddar med väl tilltagen fördröjningszon ökar möjligheten att fördröja dagvattnet, som sedan kan infiltreras ned i bädden under upp till 48 timmar (Fridell & Jergmo, 2015).

Värt att poängtera är också att en regnbädd bör ses som ett första led i dagvattenhanteringen, för att fördröja och rena vattnet, innan det på ett eller annat sätt leds vidare i dagvattenkedjan (Lindfors, Bodin-Sköld & Larm, 2014; Stahre, 2004)

I en studie från North Carolina, USA, studerades en regnbädd som utgjorde ca 4% av avrinningsytan på en parkeringsplats. Studien visade att biofiltret behandlade hela 88% av avrinningen genom infiltration och bara 12% bräddades till det konventionella dagvattensystemet. Detta trots att regnbäddens fördröjningszon endast motsvarade 70% av den rekommenderade volymen (Fridell & Jergmo, 2015). Detta visar på regnbäddars stora potential att avlasta det konventionella dagvattennätet. Det ska dock sägas att det främst är de första 15-25 millimetrarna nederbörd som kan förväntas omhändertas i fördröjningszonen. Större regn än så bör avlägsnas från biofiltret genom bräddning- eller dräneringsfunktion (Fridell & Jergmo, 2015).

*”Integrating trees in biofilters may improve their runoff retention performance, as trees have greater transpiration than commonly used sedge or herb species. High transpiration rates will rapidly deplete retained water, creating storage capacity prior to the next runoff event.”* - Szota, et al, 2018

**Regnbäddar som ståndort**

Ståndorten i en regnbädd är, liksom i alla andra fall, beroende på en mängd faktorer. Det går därför inte att beskriva ståndorten enbart utifrån att det är en regnbädd. Det är av största vikt att även ta i beaktande alla de övriga faktorer som utgör en ståndort, så som sol-/skuggläge, vind, lokalisering i landet, placering i staden, med mera. Till detta tillkommer regnbäddens faktorer, som även de kan variera stort beroende på regnbäddens storlek, substrat och avvattningssystem (Patrick Bellan, muntligt, 2019-02-25). Generellt kan sägas att en regnbädd är en torr ståndort, då substratet ofta är mycket genomsläppligt.

*”Vi måste ha i åtanke att det här inte är någon specifik ståndort, utan att regnbädden är en faktor i ståndorten”* - Patrick Bellan, muntligt, 2019-02-25

Hur torr ståndorten blir beror dock på hur stor mängd organiskt material och/eller ler som finns i substratet, samt om där finns en inblandning av pimpsten eller biokol som även har en närings- och vattenhållande förmåga. Beroende på hur regnbäddens avvattning är konstruerad kan det sedan finnas ett artificiellt grundvatten i botten, i de fall där finns ett vattenmättat magasin (Kent Fridell, muntligt, 2019-02-15). I och med regnbäddars ofta torra natur, kan generella rekommendationer göras kring att växtmaterialet för regnbädden bör vara torktåligt. Beroende på regnbäddens konstruktion bör växterna även ha en måttlig till stor tolerans för tillfällig översvämning. Patrick Bellan anser att växtmaterialet som bör användas i en regnbädd ofta är så kallade intermediära växter; det vill säga växter vars naturliga ståndort ligger mellan extremerna i form av torka- och väta (Patrick Bellan, muntligt, 2019-02-25).

# TRÄD

## Träd i urban miljö

Den urbana miljön har i de allra flesta fall en mycket stor byggmassa och en stor andel hårdgjord yta, vilken har en hög kapacitet för värmelagring samt låg infiltrationskapacitet. Detta gör att städers temperatur generellt är högre och luftfuktigheten lägre än omgivande landsbygd, vilket innebär risker vid klimatförändringar (Boverket, 2010; Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Dessa förhållanden innebär också stora utmaningar för grönstrukturen i städerna, både gällande hur vi ska få ut de ekosystemtjänster vi behöver för att kompensera för den hårdgjorda miljön, men också för grönstrukturen i sig, som måste tåla mycket tuffa förhållanden (Millennium Ecosystem Assessment, 2005; Sjöman & Slagstedt, 2015).

Det bör poängteras att den urbana miljön ofta felaktigt beskrivs som en och samma, som en homogen miljö med övergripande liknande förutsättning- ar. Ur ett ståndortsperspektiv är dock den urbana miljön mycket divers och odlingsförhållandena i en park skiljer sig enormt från en hårdgjord, värme- alstrande gatumiljö (Sjöman & Slagstedt, 2015). Då detta arbete inriktar sig på lösningar för träd i gatumiljö, utelämnas övriga urbana miljöer i resten av arbetet.

På senare år har trädens potential fått gehör inom stadsplaneringen, speciellt sedan konceptet ekosystemtjänster slagit igenom. Trädens bidrag till den urbana miljön är mångfacetterade, då de genom olika processer kan bidra med en mängd olika tjänster. Allt ifrån sociala ekosystemtjänster, så som rekreation och ökat välbefinnande bland stadens befolkning, till reglerande ekosystemtjänster då träden kan hjälpa till med partikelfiltrering av luften, lindring av värmeoeffekten och hantering av regn- och dagvatten (Boverket, 2010; Millennium Ecosystem Assessment, 2005; Tratalos et al, 2007). Det sistnämnda består i sin tur av en mängd olika processer, där trädens förmå- ga att fånga upp regnvatten i trädkronan, ta upp dagvatten i rotsystemet och transpirera vattnet tillbaka ut i atmosfären igen, är sådana förmågor som värdesätts som viktiga ekosystemtjänster (Sjöman & Slagstedt, 2015).

## Trädens krav

För att ett träd ska trivas och frodas behöver marken som trädet växer i kunna tillgodose trädets behov av vatten, näring och syre. För att kunna göra detta behövs en jordvolym som är tillräckligt stor och har en tillräckligt god porositet, för att vatten och syre ska kunna få plats. Vad som är en tillräcklig jordvolym för ett träd är vida diskuterat, men en enkel modell för beräkning av nödvändig jordvolym beskrivs av Lindsey och Bassuk (1991). I denna modell förespråkar författarna att jordvolymen bör ha ett förhållande på 1:2 till kronprojektionen. Med andra ord bör jordvolymen vara dubbelt så stor i kubik som kronprojektionen i kvadrat. Detta innebär att till ett träd med en kronprojektion på 15m², krävs en jordvolym på 30m³ (Lindsey och Bassuk, 1991; Trowbridge & Bassuk 2004). Detta mått är dock starkt

generaliserande och anpassat för områden i USA med relativt torrt klimat, men det ger ändå en fingervisning om vilka jordvolymmer ett träd kan behöva (Trowbridge & Bassuk 2004). Lindsey och Bassuk (1991) beskriver även en annan modell för beräkning av jordvolym, som går in mer på djupet i vad det är som avgör hur mycket vatten ett träd behöver, samt hur detta översätts i jordvolym.

I den andra beräkningsmodellen poängterar Lindsey och Bassuk (1991) att jordens viktigaste funktion för ett träd är vattenförsörjning, för att trädet ska kunna ta till sig näring och på så sätt bygga ved- och lövmassa. Hur stor volym av rottillgänglig jord som krävs för ett träd avgörs alltså av hur mycket vatten trädet kräver, samt hur god vattenhållande förmåga jorden har. Detta förutsatt att växtbädden vid anläggning konstruerats på ett sådant sätt att den inte blir tätare än att den kan förse trädet med syre (Fieldhouse & Hitchmough 2004; Trowbridge & Bassuk 2004). Hur mycket vatten trädet kräver avgörs i sin tur främst av trädets storlek, eller mer specifikt hur stor lövyta trädet har. Ju större lövyta, desto större yta med klyvöppningar som kan transpirera ut vatten. Hur snabbt trädet transpirerar ut vatten genom kly- vöppningarna avgörs sedan huvudsakligen av omgivande atmosfäriska fak- torer, så som temperatur, luftfuktighet och vind. Dessa atmosfäriska faktorer varierar över dygnet och över året, men genom att använda medelvärden över evapotranspiration för specifika områden och specifika månader kan tillräckligt korrekta uppskattningar göras för att fungera som en faktor i uträkningen av vattenbehovet (Fieldhouse & Hitchmough 2004; Lindsey & Bassuk, 1991; Trowbridge & Bassuk 2004).

I följande avsnitt återges den beräkningsmodell som Lindsey och Bassuk beskriver i artikeln Specifying soil volumes to meet the water needs of mature urban street trees and trees in containers (1991) och som återgetts av Trowbridge & Bassuk (2004) samt Fieldhouse & Hitchmough (2004).

## Steg 1 - Beräkna trädets storlek

För att beräkna hur mycket vatten ett träd behöver över en dag, behöver trädets lövmassa definieras, då det är detta som avgör hur mycket vatten trädet kan transpirera. För att beräkna lövmassan krävs två faktorer; Kronans projicering (KP) och Leaf Area Index (LAI)

KP är trädkronans tänkta area, som om den vore projicerad på marken direkt under kronan. Denna beräknas genom att ta kronans radie upphöjt i två gånger  $\pi$  ( $\pi \times r^2$ ). För ett träd med en krondiameter på 8 m skulle detta innebära  $42 \times \pi = 50,24\text{m}^2$ . Det bör poängteras att det är kronarean av trädet i ett framtida moget stadie som ska utgöra faktorn för beräkningen, då jor- dvolymen måste beräknas efter trädets slutstorlek för att kunna möjliggöra god utveckling.

Trädkronor utgörs dock inte enbart av en area, utan innehåller också en volym. Kronan är inte uppbyggd som en solid volym, utan består av en stor mängd små ytor i form av löv, fördelade i en oregelbunden form som till- sammans bildar en volym. Den totala arean av alla löv i en krona kallas Leaf Area Index (LAI). Det kan också beskrivas som om man hade plockat alla löv från en krona och staplat dem ovanpå varandra inom ramen för kron- arean, antalet löv som då skulle bli staplade på varandra är samma som värdet för leaf area index. För att räkna ut den totala löv-arean för trädet, multiplicerar man LAI-värdet med kronarean. LAI-värdet varierar mellan olika trädarter, samt i viss mån även mellan trädindivider beroende på dess vitalitet, vilket ger oss olika värden att ta med in i ekvationen. I exemplet nedan antas ett LAI-värde på 4, vilket är ett vanligt medelvärde för lövträd.

## Steg 2 - Beräkna vattenåtgång

Nästa steg är att definiera den potentiella avdunstningen, även kallad po- tentiella evapotranspirationen (ETp). Evaporationsgraden varierar kraftigt över året, vilket innebär att ett årsmedelvärde inte blir representativt för extremerna. Målet med att ta med ETp i beräkningen är att kunna beräkna hur mycket vatten som går åt till trädet, för att i nästa steg kunna beräkna hur mycket vatten som krävs i bädden för att växterna inte ska riskera att bli helt utan vid något tillfälle. Värdet vi väljer bör därför representera den period på året då evapotranspirationen är som högst, eftersom det är den period då växtbädden förlorar mest vatten.

Evapotranspirationen i västra Sverige är som högst i juni månad och ligger då på cirka 4mm/dygn (Persson, Fridell, Gustafsson & Englund, 2014). Detta baseras dock på mätningar av evaporationen från en öppen vatteny-ta, vilket inte är detsamma som transpirationen från ett träd. Från en öppen vattenyta kan vattnet evaporera fritt, men i ett träd transpireras vattnet ut genom klyvöppningar i trädets blad, vilket innebär att vattnet utsätts för en stor del resistens i transpirationen. Forskning har visat att transpirationen från ett lövträd motsvarar ungefär 20% av evaporationsgraden (Trowbridge & Bassuk, 2004), medan den hos barrträd motsvarar ungefär 10-12% (Herre- ra, 2008). Denna procentsats beskrivs fortsatt som evaporationsration (ER). Genom att ta reda på evaporationsgraden och evaporationsration, samt Leaf Area Index för det tänkta trädet, kan vi räkna ut hur mycket vatten som kom- mer att gå åt till trädet genom följande formel:

**Kronprojecering (KP) x Leaf area index (LAI) x Evapotranspiration (ETp) x Evaporationsratio (ER) = vattenåtgång liter/dygn**

**Exempel: 50,24 (KP) x 4 (LAI) x 4 (mm/dygn) x 0,2 (20%) = 161 /dygn.**



I de föregående två stegen beskrevs metoden för att beräkna vattenåtgången för ett träd, utifrån givna faktorer. Denna faktor är mycket intressant, då den ger en konkret siffra på hur mycket vatten trädet använder. Denna siffra kan därmed användas för att beräkna nödvändigt vattenmagasin i en regnbädd, för att tillgodose de träd som ska stå i bädden.

De nästkommande två stegen i beräkningsmodellen av Lindsey och Bassuk (1991) beskriver hur den beräknade vattenåtgången sedan kan användas som en faktor för att beräkna nödvändig jordvolym för samma träd. Detta är dock en uträkning som är mycket svårapplicerad i en regnbädd, på grund av den tekniskt avancerade uppbyggnaden hos filtersubstratet som består av en mängd komponenter i olika lager. De följande stegen beskrivs därför endast kortfattat för att ge en heltäckande bild av beräkningsmodellen enligt Lindsey och Bassuk (1991).

***Steg 3 - Definiera ”available water holding capacity” (AWHC) i jorden***  
Alla jordar innehåller vatten i en eller annan mån. Det är dock inte allt vatten i en jord som är tillgänglig för växter. Hur stor del av den totala jordvolymen som består av vatten beror dock på hur jorden är uppbyggt, då olika jordar kan hålla olika mycket vatten. Andelen växttillgängligt vatten (eng; available water holding capacity/AWHC) ligger normalt mellan 5-20% i en växtjord, beroende på jordtyp. För att kunna beräkna hur mycket jord som krävs för att tillgodose trädens vattenbehov måste andelen växttillgängligt vatten (AWHC) definieras för jorden, vilket görs genom tester i laboratorium. Genom att dividera trädets dagliga vattenbehov (161 L i föregående exempel) med procentsatsen för AWHC (ex 10%) får man fram den jordvolym som krävs för att tillgodose trädets dagsbehov av vatten.

Exempel:  $161 / 0,1 = 1610 \text{ L (1,61m}^3\text{)}$

Detta påvisar dock endast jordvolymen som krävs under förutsättningen att jorden tillförs vatten dagligen. För att beräkna jordvolymen som krävs måste en faktor av nederbördsfrekvens tillföras ekvationen. Om en torrperiod exempelvis varar som längst 10 dagar för det aktuella området, blir 10 den faktor som ska multipliceras med den jordvolym som behövs för att tillgodose trädets dagsbehov av vatten. På så sätt får vi fram jordvolymen som krävs för 10 dagars vattenförbrukning.

Exempel:  $1610 \text{ (L)} \times 10 = 16100 \text{ liter} = 16,1\text{m}^3$

***Steg 4 - Beräkna dimensionering***  
I föregående steg fastställdes jordvolymen som krävs för att tillgodose vattenbehovet för det planerade trädet. Utifrån det går det sedan att beräkna hur stor växtbädden bör vara. Enligt Trowbridge & Bassuk (2004) bör djupet på en växtbädd för träd vara minst 800-1000 millimeter. Förutsatt att

bädden anläggs 1 meter djup, bör den sedan vara 16,1 kvadratmeter stor, enligt föregående exempel.

Dessa beräkningar av nödvändig jordvolym för en trädbädd tar ingen hänsyn till eventuell evaporation från markytan under trädet. Används täckbark eller annat kapillärbrytande ytskikt ovanpå växtbädden bör beräkningarna stämma väl, då detta förhindrar avdunstning från bädden. Om växtbädden däremot täcks av perenna örter eller gräs, bör leaf area index höjas med 1 enhet, då denna vegetation också bidrar till evapotranspirationen. Samma sak gäller för pelarformiga träd, då dessa tenderar att ha en tätare krona i förhållande till kronvidd än andra träd .

**Sammanfattning beräkningsmetod**  
Växtbäddsberäkningarna enligt Lindsey och Bassuk (1991) visar på vilka vattenmängder som krävs för att tillgodose ett trädets minimikrav, samt vad som krävs av en växtbädd för att tillgodose dessa krav. Dessa jordvolymen är ofta enkla att tillgodose i en parkmiljö, där gräsmattor och planteringsbäddar kan breda ut sig och ta stor plats, men i gatumiljön råder stor konkurrens om ytorna (Trowbridge & Bassuk 2004; Sjöman & Slagstedt, 2015). De jordvolymen som finns under trottoarer och vägbanor skulle under optimala omständigheter kunna agera rotzon åt gatuträd, då de utgör en väldigt stor volym i den urbana miljön (Trowbridge & Bassuk 2004). Problemet ligger i att dessa volymer ofta konstrueras av samkrossmaterial med stort innehåll av små partiklar, som på grund av krav på bärighet för infrastrukturkonstruktioner ofta blir mycket hårt kompakterade. Överbyggnader av samkrossmaterial riskerar att bli så täta att vattenflöde och gasutbyte blir så extremt lågt att träden inte klarar det (Kent Fridell, muntligt, 2019-02-15). Detta riskerar att leda till att rötterna letar sig upp mot markytan i jakt på vatten och syre, vilket i sin tur kan leda till förstörda markbeläggningar. För små växtbäddar kan alltså innebära både dålig trädetablering, med små träd i dålig kondition och kort livslängd, samt kostsamma skador på intilliggande överbyggnader och ytskikt (Trowbridge & Bassuk 2004).

**Luftiga förstärkningslager**  
De senaste decennierna har olika metoder prövats för att utöka mängden rottillgängligt substrat för träd och samtidigt behålla bärigheten för kringliggande infrastruktur. Ett sätt att göra detta är genom att använda ett luftigt förstärkningslager i botten- och vid sidan om växtbädden, som tillåts breda ut sig under kringliggande ytor. Det luftiga förstärkningslagret byggs upp av stenkross av grov fraktion, där man avlägsnat de minsta fraktionerna. Detta skapar en bädd med hög porositet, vilken kan agera som infiltrations- och fördröjningsvolym åt dagvattnet samt ge möjlighet för trädens rötter att leta sig ut i materialet (Lindfors, Bodin-Sköld & Larm, 2014). Används en fraktion på åtminstone 16-90 millimeter får materialet tillräckligt med porer för att trädrötter ska kunna leta sig ut och trivas. Om förstärkningslagret byggs

upp med makadam i fraktion 32-90 millimeter, har det potential att lagra upp till 400 liter vatten per kubik förstärkningslager (Kent Fridell, muntligt, 2019-02-15). Samtidigt håller makadamen god bärighet, vilket gör att parkeringar och trottoarer kan anläggas ovanpå, med fortsatt god hållbarhet (Lindfors, Bodin-Sköld & Larm, 2014).

På senare år har tester gjorts, bland annat i Stockholm stad, där det luftiga förstärkningslagret har fått en inblandning av 10% biokol. Biokol är en produkt som tillverkas genom syrefri förbränning av park- och trädgårdsavfall, vilket innebär att det är en återvunnen produkt (Fridell & Jergmo, 2015). Biokol har stor förmåga att hålla luft och vatten och har dessutom hög katjonbyteskapacitet (CEC), vilket innebär god förmåga att buffra näring. I och med den höga katjonbyteskapaciteten bör biokolet vara näringsladdat innan det tillsätts i växtbädden, för att inte riskera absorption av befintlig näring (Fridell & Jergmo, 2015; Bara Mineraler, 2018).

**Skelettjord**  
En variant av luftigt förstärkningslager är så kallad skelettjord. Skelettjord består, liksom det luftiga förstärkningslagret, i huvudsak av stenkross av grov fraktion, vilket ger en god porositet. Dock är fraktionen grövre, vanligtvis krosskärv fraktion 90-150 (Boverket, 2010). Vid anläggning av en skelettjord spolas växtjord ned i porerna i makadamen, vilket ytterligare utökar förstärkningslagrets funktion som växtbädd. Liksom med ett luftigt förstärkningslager håller skelettjorden mycket god bärighet, vilket möjliggör utbyggnad av växtbädden under vägbanor och trottoarer. Samtidigt möjliggör porerna i krossmaterialet infiltration- och fördröjning av dagvatten, vilket innebär att skelettjordsbäddar kan fungera som en slags regnbäddar. Skelettjordensbäddarna utformas då som andra biofilter för att ta emot dagvatten från intilliggande hårdgjorda ytor. Dagvattnet kan ledas ned i bädden genom luftningsbrunnar i gator och trottoarer, för att sedan infiltreras ned i den genomsläppliga växtbädden och fördröjas i skelettjordens håligheter. På så sätt tillåts dagvattnet även att fungera som bevattning åt vegetationen i bädden (Fridell & Jergmo, 2015; Lindfors, Bodin-Sköld & Larm, 2014).

Skillnaden mellan en skelettjord och ett luftigt förstärkningslager ligger i porositeten. Skelettet i en skelettjord har vanligtvis större porer, men dessa fylls av växtjord vid anläggandet, vilket lämnar en lägre porositet i den totala volymen. I ett luftigt förstärkningslager är porerna något mindre, men i gengäld tomma, vilket lämnar mer plats åt vattenmagasinering. Även i de fall då förstärkningslagret får en inblandning av biokol och/eller grönkompost fylls endast en liten del av porerna, vilket fortfarande lämnar en avsevärt mycket luftigare bädd än en skelettjord (Kent Fridell, muntligt, 2019-02-15).

# SAMMANFATTNING

## LITTERATURSTUDIE

Litteraturstudien visar på att hållbar dagvattenhantering spelar en viktig roll i arbetet för klimatanpassade städer. Med sin förmåga att omhänderta och fördröja dagvatten, har de potential att bidra med stor avlastning av det konventionella dagvattennätet. De principer för hållbar dagvattenhantering som studerats fokuserar på biofilter och regnbäddar, då dessa lösningar är väl anpassade för de gatumiljöer som behandlas i arbetet. Litteraturstudien visar på att regnbäddar är ett brett koncept som kan utformas på en mängd olika sätt, beroende på vilka krav och förutsättningar bädden är ämnad hantera. Litteraturstudien visar även att regnbäddar, då de är utformade enligt typ 5 med tät botten och ett vattenmättat bottenmagasin, har potential att lagra stora mängder vatten. Detta vattenmagasin kan potentiellt användas som vattenreserv åt de växter som planteras i bädden.

Den beräkningsmetod som används för att beräkna ett träds vattenbehov och krav på jordvolym är i sin helhet svår att applicera i regnbädds-sammanhang. Däremot kan de första stegen av beräkningen, som räknar ut trädets vattenbehov, användas för att uppskatta vilka vattenmängder som krävs för varje enskilt träd i en plantering. Dessa värden kan sedan användas för att jämföra med det vattenmagasin som konstrueras i regnbädden. På så vis kan en uppskattning göras kring i vilken utsträckning en regnbädd kan konstrueras för att skapa en god växtmiljö för träd i gatumiljö.

# Referensstudie

För att få en djupare förståelse för regnbäddar och biofilter, samt inhämta inspiration till gestaltningsexemplet, studerades tre referensanläggningar. Anläggningarna som studeras i kapitlet är Monbijougatan i Malmö, Tåsinge Plads i Köpenhamn och Jaktgatan i Stockholm. I kapitlet beskrivs referensanläggningarna utifrån konstruktion och funktion, efterföljt av en sammanfattning av positiva och negativa aspekter jag tagit med mig från projekten.

Referensanläggningarna har inte studerats på plats av mig och referensstudien baseras därmed inte på mina egna erfarenheter från anläggningarna. Referensstudien baseras i stället på en inventeringsstudie gjord som ett examensarbete på avancerad nivå av tidigare student vid SLU (Skoglund, 2018). Inventeringsstudien av Skoglund (2018) kompletteras även med studier av artiklar samt tekniska dokument gällande respektive referensanläggning (Köpenhamns kommun, 2016; Stockholm Stad, 2015; Vårt Malmö, 2015).



# MONBIJOUGATAN, MALMÖ

Monbijougatan är belägen i centrala Malmö, där den sträcker sig genom ett lugnt område bestående av i huvudsak flerbostadshus. I samband med byggnationen av ett angränsande bostadsområde anlades regnbäddar längs gatans östra sträckning, mellan Helsingborgsgatan och Norra Parkgatan. Gatustråket utgörs av cirka 130 meter kvartersgata och angränsar till en rad flerbostadshus i norr och Möllevångsskolan i söder. Regnbäddarna är anlagda som ett testprojekt på uppdrag av Malmö Stad, för att undersöka hur hållbar dagvattenhantering kan anläggas i redan tätbebyggda områden. Syftet var även att bäddarna, med sitt curb extension-format, skulle fungera som fartdämpande åtgärd för trafiken i och med närheten till skolan. Bäddarna projekterades i ett samarbete mellan Gatukontoret Malmö Stad och Tyréns, på uppdrag av Malmö Stad (Skoglund, 2018; Vårt Malmö, 2015).

*”Regnbäddarnas viktigaste uppgift är att avlasta dagvattenledningsnätet vid häftiga och ihållande regn, men på mindre gator som den här kan de ta upp allt vatten själva.” - Karin Sjölin, Vårt Malmö 2015*

## Konstruktion och funktion

Anläggningen består av fyra regnbäddar, fördelade på båda sidor om gatan. Dagvatten leds ned i bäddarna från både vägbana och trottoarer. Bäddarna utgör hela gatans dagvattenhantering, vilket innebär att inga konventionella dagvattenbrunnar finns (Skoglund, 2018; Vårt Malmö, 2015).

## Kantstöd

Regnbäddarna är uppbyggda med ett kantstöd i form av en kantsten i granit. Kantstenen är 15 centimeter bred och har en visning på cirka 8-10 centimeter mot gatan och 4-5 centimeter mot trottoaren (Skoglund, 2018).

## Inlopp

Dagvattnet leds in i bäddarna genom släpp i kantstenen. Inloppen på de olika sidorna är förskjutna i förhållande till varandra, för att få jämn fördelning av vatten i bädden. Inloppen mot gatan är cirka 50 centimeter breda, medan inloppen mot trottoaren är cirka 130 centimeter. Både gata och trottoar lutar svagt mot bäddarna (Skoglund, 2018; Vårt Malmö, 2015).

## Erosionsskydd

Inloppen har försetts med erosionsskydd, bestående av smågatsten på en yta av cirka 50x50 centimeter (Skoglund, 2018).

## Filtermaterial

Då regnbäddarna på Monbijougatan är anlagda som testanläggningar, har två olika filtersubstrat testats på två bäddar vardera. Samtliga bäddar har ett

cirka 20 centimeter tjockt dräneringslager i botten, bestående av bergkross i en grov fraktion. Över det finns ett 40-50 centimeter tjockt lager av mineraljord, som i två av bäddarna har en inblandning av grus och i de andra två bäddarna en inblandning av pimpsten. Överst i regnbäddarna finns ett cirka 40 centimeter tjockt växtjordslager, som i två av bäddarna består av en sandhaltig jord av typ B enligt AMA:s kriterier och i de andra två bäddarna en jordblandning med pimpsten (Skoglund, 2018; Vårt Malmö, 2015).

## Avvattning

I botten på regnbäddarna finns ett dränerande makadamlager samt en dräneringsledning, till vilken det är kopplat ett breddavlopp från regnbäddens yta. Det finns inget tätskikt i botten, vilket innebär att vatten som infiltrerats i bädden tillåts perkolera ned i terassen (Skoglund, 2018; Vårt Malmö, 2015).

## Vegetation

Regnbäddarna innehåller tre olika lignoser: Amerikans bärarm (*Celtis occidentalis*), katalpa (*Catalpa bignonioides*) och ormskinnstall (*Pinus heldreichii*). Vid anläggning planterades ett fältskikt av randgräs (*Phalaris arundinacea* ’Picta’), tuvtåtel (*Deschampsia cespitosa*), stjärnflocka (*Astrantia major*), fackelblomster (*Lythrum salicaria*) och älggräs (*Filipendula ulmaria*). Randgräset har klarat förutsättningarna i bädden bra, medan övriga perenner av okänd anledning har utgått, vilket innebär att fältskiktet nu nästan uteslutande består av randgräs (Skoglund, 2018; Vårt Malmö, 2015).

## Intryck av anläggningen

### Positivt:

- Mycket väl tilltagna regnbäddar som ger plats för vegetation och bidrar med grönska i gaturummet.
- Plats för träd i anläggningen.
- Välvalda lignoser som tål ståndorten.

### Negativt:

- Inloppen utgörs av släpp i kantstenen vilket innebär att vatten som leds längs med kanten riskerar att rinna förbi inloppet.
- Takvatten från kringliggande byggnader leds inte ned i bäddarna, trots att de mer än väl skulle klara det med sin storlek. Detta innebär att vatten som skulle kunna användas som en resurs för träden i stället måste hanteras på annat sätt.
- Randgräset verkar konkurrerar ut de övriga, mer svagväxande perennerna.
- Inget vattenmättat magasin i botten på regnbäddarna (detta är inte nödvändigt, då bäddarna är mycket väl tilltagna. Det skulle dock kunna användas för att skapa en vattenreserv åt träden under torkperioder).



Figur 13. Monbijougatan, Malmö. Foto: Kent Fridell.



Figur 14. Monbijougatan, Malmö. Foto: Kent Fridell.



# TÅSINGE PLADS, KÖPENHAMN

Tåsinge Plads beskrivs som Köpenhamns första klimatanpassade stadsdel (Köpenhamns kommun, 2016). Den anlades 2014, efter att Köpenhamns kommun utarbetat en klimatanpassningsplan som en respons på det extrema regnoväder som drabbade Köpenhamn 2011. Tåsinge Plats var vid tillfället för skyfallet en stor asfalterad parkering och kringliggande bebyggelse drabbades hårt av översvämningar till följd av ovädret. Regnbäddarna på Tåsinge Plads ligger inte direkt i gatumiljö, utan utgör en del av ett torg.

*”Tåsinge Plads er et stykke infrastruktur klædt ud som en park. Med projektet har vi afkoblet over 7.500 m<sup>2</sup> vejareal fra kloaksystemet, men vi har samtidig omdannet 1.000 m<sup>2</sup> til grønt areal og yderligere 1.000 m<sup>2</sup> til et nyt opholdsrum for kvarterets beboere.”* - Köpenhamns kommun (2016).

## Konstruktion och funktion

Ytan är uppdelad i fyra zoner, där de två största är utformade som traditionella grönytor, men med ett underliggande vattenmagasin som kan ta emot takvatten vid skyfall. De andra två ytorna, som döpts till ”Regnskogen”, är utformade som mycket djupa regnbäddar och är de som är relevanta för denna studie. Jordnivån i dessa regnbäddar ligger som djupast cirka en meter under kringliggande marknivå, vilket gör fördröjningszonen mycket djup. I bäddarna finns planteringar av perenner och lignoser, vilket gör att de både bidrar med dagvattenhantering och en grön oasis i stadsrummet. Enligt beräkningar kommer ”Regnskogen” fyllas till 10% vid ett 10-årsregn, 30% vid ett 25-årsregn och 40% vid ett 100-årsregn (Köpenhamns kommun, 2016; Skoglund, 2018).

## Kantstöd

Regnbäddarna har olika sorters kantstöd på olika sidor om bäddarna, då kantstöden fyller olika funktioner. På ena sidan är kantstöden utformade som en trappa, som fungerar som sittplatser där man kan komma ned i nivå med grönskan på botten av regnbädden. På motsatta långsidan består kantstödet av en cortenstålsbeklädd mur. Samma typ av mur finns mellan de två regnbäddarna, där den även fungerar som gångbro. Denna kombinerade stödmur och gångbro är utformad med ett flertal rör som kan släppa igenom vatten mellan de två bäddarna vid höga vattenflöden (Köpenhamns kommun, 2016; Skoglund, 2018).

## Inlopp

Dagvattnet leds in på bred front till de nedsänkta regnbäddarna (Köpenhamns kommun, 2016; Skoglund, 2018).

## Erosionsskydd

Det finns inget anlagt erosionsskydd vid inloppen. Däremot rinner vattnet in över en gräsyta från vissa sidor, vilket har en motsvarande funktion. Dessa gräsytor är även konstruerade för att filtrera föroreningar, varför de också är konstruerade för att kunna bytas ut (Köpenhamns kommun, 2016; Skoglund, 2018).

## Filtermaterial

Filtermaterialet består av en traditionell växtjord, som blandats ut med grus för bättre genomsläpplighet (Köpenhamns kommun, 2016; Skoglund, 2018).

## Avvattning

Det finns ingen artificiell avvattning från de nedsänkta regnbäddarna. Vattnet tillåts perkolera ned i terrassen (Köpenhamns kommun, 2016; Skoglund, 2018).

## Vegetation

Vegetationen är flerskiktad och består av både perenna gräs och örter samt lignost material. I fältskiktet finns en mängd perenner så som daggkäpa (*Alchemilla mollis*), fackelblomster (*Lythrum salicaria*), fläckflockel (*Eupatorium maculatum*), med mera. Det lignosa materialet utgörs både av buskartade växter och stamträd, så som olika arter av pil (*Salix* spp.) och al (*Alnus* spp.) (Köpenhamns kommun, 2016; Skoglund, 2018).

## Intryck av anläggningen

### Positivt:

- Väl tilltagna bäddar som bidrar med grönska och utgör en del av en park.
- Plats för träd i anläggningen, vilket utnyttjats väl.
- Varierat växtmaterial.
- Inlopp över bred front, vilket innebär jämn fördelning av vatten i bäddarna.
- Regnbäddarnas kanter är terrasserade och kan utnyttjas som sittplatser under stora delar av året.

### Negativt:

- Bristen på avvattningssystem och regnbäddarnas stora djup riskerar att fördröjningszonen blir mycket djup vid skyfall, vilket innebär risker för växterna.



Figur 15. Tåsinge plads, Köpenhamn. Foto: Wiki Commons.



Figur 16. Tåsinge plads, Köpenhamn. Foto: Wiki Commons.



# JAKTGATAN, STOCKHOLM

Norra Djurgårdsstaden är ett stadsutvecklingsprojekt beläget nordväst om Hjorthagen i Stockholm. Jaktgatan är en cirka 400 meter lång kvartersgata, omgärdad av i huvudsak flerbostadshus. Den södra änden av gatan, mellan Bobergsgatan och Högviltsgatan, utgör cirka 170 meter och ingår i Stockholms stadsutvecklingsprojekt för hållbar dagvattenhantering. Målet med projektet var att bidra till- och marknadsföra svensk miljöteknik, samt utveckla en god och hållbar boendemiljö (Stockholm Stad, 2010).

”Norra Djurgårdsstaden ska inte bara befästa Stockholms position som en ledande huvudstad i klimatarbetet utan också stödja marknadsföringen av svensk miljöteknik och bidra till att ny teknik utvecklas som kommer allt bostadsbyggande i Stockholm, Sverige och omvärlden tillgodo.” - Stockholm Stad (2010)

### Konstruktion och funktion

Regnbäddarna löper längs med ena sidan av gatustråket och är utformade som curb-cuts, vilket innebär att de tar upp en del av trottoaren. Utanför regnbäddskonstruktionerna finns curb-extension med traditionella skelettjordsbäddar för gatuträd, med hårdjord yta ovanpå. Regnbäddarna bryts upp med jämna mellanrum för passager i form av brokonstruktioner i trä mellan trottoar och gata. Genom regnbäddarna finns träspänger som löper genom vegetationen och bildar ett gångstråk inuti regnbäddarna (Skoglund, 2018; Stockholm Stad, 2015).

### Kantstöd

Kantstöden utgörs av cirka 40 centimeter tjocka granitblock, med cirka 20 centimeters visning mot trottoaren (Skoglund, 2018; Stockholm Stad, 2015).

### Inlopp

Inloppen är utformade som släpp i kantstenen, till vilka dagvatten leds i rännor av smågatsten. Inlopp finns endast mot trottoaren (Skoglund, 2018; Stockholm Stad, 2015).

### Erosionsskydd

Erosionsskyddet består av en granitplatta som ligger horisontellt i marknivå innanför inloppen (Skoglund, 2018; Stockholm Stad, 2015).

### Filtermaterial

Botten på regnbäddarna är öppen, det vill säga utan markduk, vilket innebär att det infiltrerade dagvattnet tillåts perkolera ned i terrassen. Terrassen är luckrad till ett djup av 20 centimeter. Ovanför terrassen finns ett 40

centimeter tjock lager av icke mullhaltig pimpstensbaserad mineraljord. Ovanför mineraljordslagret finns ett 40 centimeter tjockt växtjordslagret, bestående av en mullhaltig pimpstensjord. Under trädens rotklumpar finns ett cirka 60 centimeter tjockt makadamlager i fraktion 32-63, med nedspolad växtjord. Vid plantering tillfördes även ett 10 centimeter tjockt mulchningslager överst i bädden, bestående av parkkompost och gödsel (Skoglund, 2018; Stockholm Stad, 2015).

### Avvattnings

I botten på regnbäddarna finns en dräneringsledning, till vilken det är kopplat breddavlopp från regnbäddens yta. Det finns inget tätskikt i botten, vilket innebär att vatten som infiltrerats i bädden tillåts perkolera ned i terrassen, i den mån terrassen tillåter detta (Skoglund, 2018; Stockholm Stad, 2015).

### Vegetation

Vegetationen i regnbäddarna består av ett övre skikt av buskträd och stamträd, så som korstörne (*Gleditsia triacanthos*), katsura (*Cercidiphyllum japonicum*) och häggmispel (*Amelanchier lamarkii*). Marskiktet består av gräs och perenna örter, så som höstanemon (*Anemone tomentosa*), strålrudbeckia (*Rudbeckia fulgida* ‘Goldsturm’) och diamanttrör (*Calamagrostis brachytricha*) (Skoglund, 2018; Stockholm Stad, 2015).

### Intryck av anläggningen

#### Positivt:

- Väl tilltagna bäddar som bidrar med grönska i gatumiljön
- Plats för träd i anläggningen, vilket utnyttjats väl.
- Varierat växtmaterial i form av stamträd, buskträd, buskar och perenner.
- Varierat växtmaterial som ger ett estetiskt tilltalande uttryck.
- Multifunktionella ytor med gångstråk och sittplatser, vilket ger en parkkänsla i gaturummet.

#### Negativt:

- Dagvatten leds endast in från trottoaren, vilket innebär att regnbäddarnas kapacitet inte utnyttjas.
- På grund av litet intag av dagvatten och fel artval utifrån de förutsättningar det skapar, måste vegetationen stödbevattas.
- Inloppen utgörs av släpp i kantstenen vilket innebär att vatten som leds längs med kanten riskerar att rinna förbi inloppet.



Figur 17. Jaktgatan, Stockholm. Foto: Kent Fridell.



Figur 18. Jaktgatan, Stockholm. Foto: Kent Fridell.

# Gestaltningsexempel

För att omsätta och testa de kunskaper som förstudien gett prövas i detta kapitel en applicering av en regnbädd med plats för träd i en gatumiljö. Som exempel för appliceringen används Magasinsgatan i stadsdelen Västerport i Varberg. I kapitlet beskrivs de förutsättningar som finns på platsen, hur exempelanläggningen anpassas efter dessa samt hur konstruktionen hanterar både dagvatten och träd, utifrån de principer som framkommit av litteraturstudien.



# FÖRUTSÄTTNINGAR

I inledningen av projektet studerades Varbergs kommuns planprogram för utvecklingen av Västerport. I planprogrammet beskrivs hur entreprenörer, konsulter och intressenter ska arbeta mot målet att skapa en hållbar och attraktiv stadsdel. Planprogrammet togs fram som ett första led i planprocessen. Bakgrunden till stadsutvecklingsprojektet grundar sig i en ombyggnad av västkustbanans sträckning genom Varberg. I och med att nuvarande järnväg rivs kan bangårdsområdet omvandlas till stadsbebyggelse. Samtidigt ska en del av hamnverksamheten flyttas till en annan del av hamnen, vilket innebär att även detta område frigörs för stadsbebyggelse. Gemensamt benämns det frigjorda hamnområdet samt bangårdsområdet som Västerport. Området beskrivs som ett mycket attraktivt läge, med närhet till både havet och Varbergs centrum. Områdets storlek förväntas kunna lösa en del av det problem Varberg har med bostadsbrist.

2016 genomfördes ett parallellt uppdrag av tre arkitektteam som tog fram varsitt idéförslag, vilka sedan låg till grund för planprogrammet. Därefter bjöd kommunen in kommuninvånarna till dialog kring vilka värden människor tyckte var viktiga i stadsutvecklingen. Utifrån invånardialogerna sammanställdes tre fokusområden, som skulle vara vägledande i det fortsatta planarbetet.

”Grönt och blått visar vägen” är ett av de fokusområden som framkom av invånardialogen. I planprogrammet framhävs vikten av den grönbå infrastrukturen och dess funktioner i det offentliga rummet. Dels framhålls hur grönbå stråk kan binda ihop den nya stadsdelen med den befintliga stadskärnan. Dessutom påpekas vikten av alla de ekosystemtjänster som kan genereras genom ett väl utformat nätverk av grönbå lösningar. Bland annat beskrivs grönskan i Varberg som ”stadens lungor”, då den bidrar med både vatten- och temperaturutjämning, luftrening samt rekreativa värden. Vidare påpekas att utvecklingen av grön- och blåstruktur i Västerport ska planeras och gestaltas utifrån ett ekosystemperspektiv samt att grönska och vatten både ska spela en aktiv roll i att både lösa tekniska problem och bidra med rekreation. I nästa stycke beskrivs vikten av att se dagvattnet som en resurs som bör tas tillvara på, samt att detta är ett ämne för vidare utredning. I planprogrammet kan man läsa följande citat:

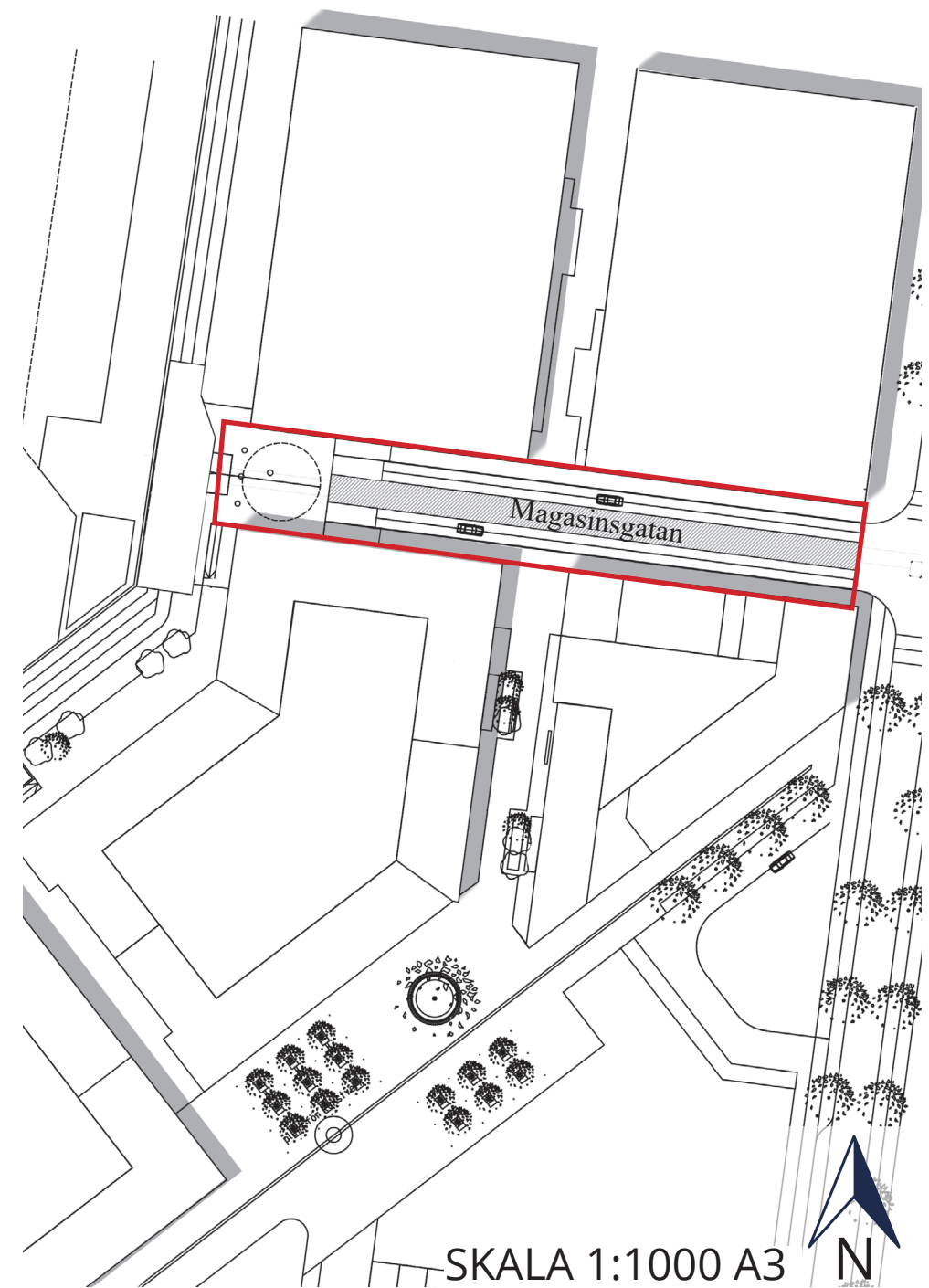
*”Grönstråk fördröjer och renar dagvatten och är en del av områdets anpassning till ett förändrat klimat med kraftigare nederbörd och starkare vindar. För att skapa dessa stadsmiljöer med plats för både ett myller av människor och natur krävs nya förhållningssätt till markanvändning och en medveten gestaltning”. - Varbergs kommun, 2018.*

Detta citat sammanfattar planprogrammets riktning mot utvecklingen av en hållbar stadsdel, med grönbå element som en naturlig del av stadsväven. Under projektets gång har jag deltagit i möten med landskapsarkitekter och

markprojektörer på Sweco samt Landskapsarkitekter och projektledare på Varbergs kommun. Vid inledningen av projektet utgick jag från de förutsättningar och den vision som beskrivs i planprogrammet. Som föregående stycken beskriver, var då visionen att de grönbå lösningarna skulle få ta en stor del i gestaltningen av Västerport, vilket bådade gott för stor frihet i mitt projekt. Efterhand som möten hölls med de olika projektledare och konsulter som är insatta i projektet, framkom allt snävare restriktioner för vad som fick plats i form av hållbara dagvattenlösningar. I huvudsak utgick dessa restriktioner från krav på avstånd till ledningar, som satts upp i samband med projekteringen av ledningsnätet i Västerport. I och med detta fanns till sist bara en gata kvar i Västerport där ett biofilter kunde vara aktuell, vilket därmed bestämde Magasinsgatan som platsen för exempelanläggningen.

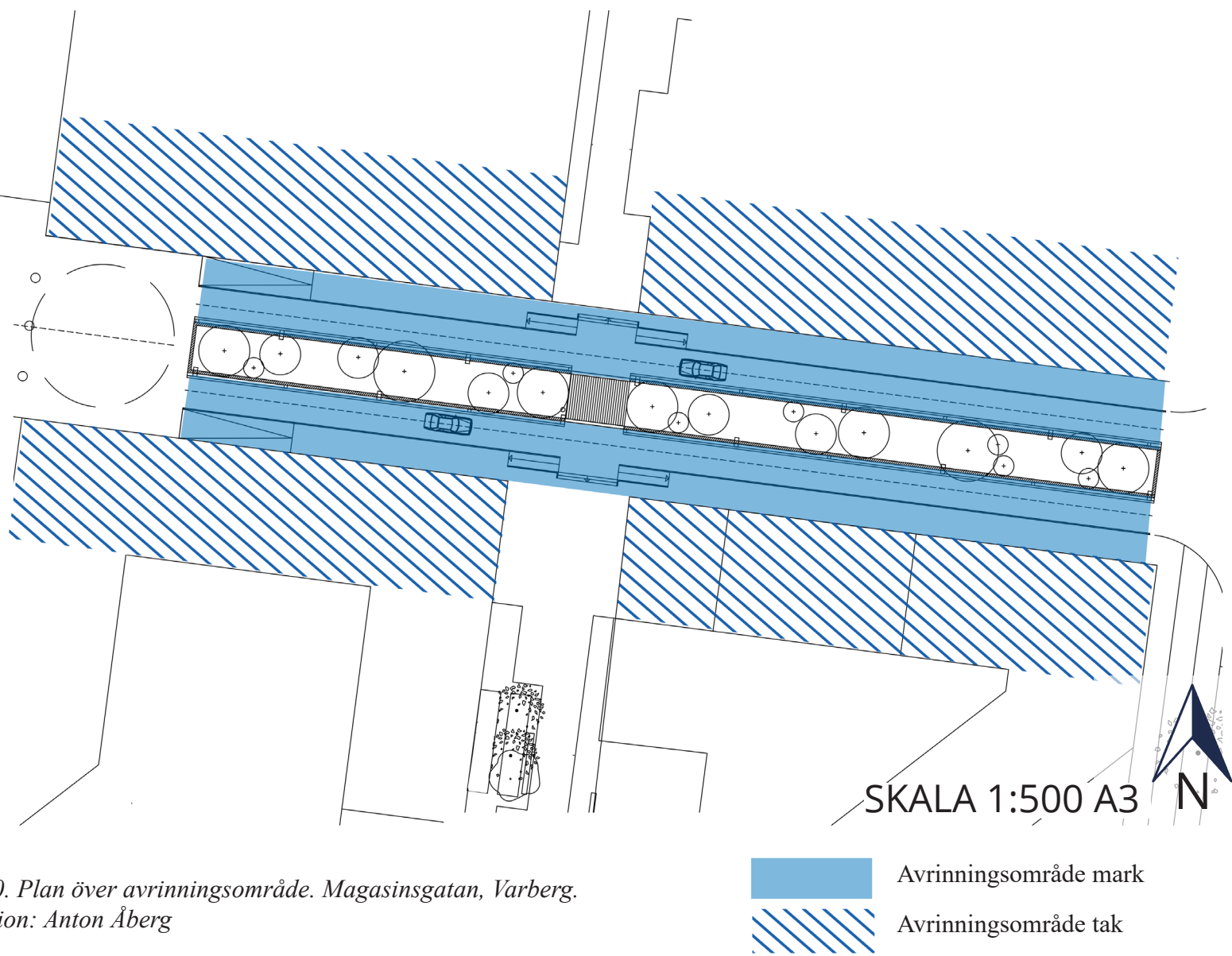
Magasinsgatan utgörs av en 16 meter bred och cirka 120 meter lång gata, varav 95 meter är tillgänglig för dagvattenanläggningar. Under gatan ligger flertalet ledningar, i form av vatten och avlopp, el, samt två stora huvudledningar som ska ta emot dag- och spillvatten från stora delar av Västerport. Dessa två ledningar är 1800- respektive 1000 millimeter i diameter och ligger centrerat i gatans längsriktning, på cirka 3 meters djup. På Magasinsgatan har man gjort ett undantag från restriktionerna kring minimiavståndet från träd till ledningar och lämnat plats för en dagvattenanläggning i gatan ovanför de två stora huvudledningarna. Dock under parollen att anläggningen måste ha en tät botten för att inte riskera rotinträngning i ledningarna. Detta lämnar en yta på cirka 5x95 meter (475m<sup>2</sup>) med ett djup på cirka 2,5 meter, där en dagvattenanläggning kan konstrueras för att ta emot dagvatten ifrån omgärdande gaturum.

Med dessa förutsättningar gick jag in i en projekteringsfas, med målet att översätta de kunskaper jag förvärvat från förstudien i en exempelanläggning.



Figur 19. Arbetsområde, Magasinsgatan.

# AVRINNINGSOMRÅDE



Figur 20. Plan över avrinningsområde. Magasinsgatan, Varberg.  
Illustration: Anton Åberg

Avrinningsområdet till regnbäddarna utgörs av det kringliggande gaturummet, samt taken på de närmast intilliggande byggnaderna. Gaturummets totala bredd är 18 meter och utgörs av två körbanor, trottoarer samt regnbädden. Trottoarerna är 3 meter breda, belagda med gatsten och ligger i direkt anslutning till husen på vardera sida om gatan. I anslutning till trottoarerna ligger körbanorna, som är 3,5 meter breda och belagda med asfalt. Mellan körbanorna ligger ytan för regnbädden, som delar gatan - och därmed också avrinningsområdet i två.

Avrinningsområdet från gaturummet uppgår till 2885 kvadratmeter och avrinningsområdet från takytorna till 2400 kvadratmeter. Det totala avrinningsområdet uppgår således till 5285 kvadratmeter.

Genom att beräkna mängden dagvatten som markavrinningen respektive takavrinningen ackumulerar vid ett 10-årsregn, kan en uppskattning göras kring hur stora mängder vatten bädden kommer att få ta emot. Beräkningarna utgår från Svenskt Vattens publikation P110 (2016).

## Beräkning av dagvattenflöde gatumark. Beräkning enligt Svenskt Vatten 2016 (A)

$A = 0,2885$  ha gatumark  $\varphi = 0,8$   
 $i$  = medelregnintensitet vid regn med 10 års återkomsttid och 10 minuters varaktighet 285 l/s ha (Varberg. a)

Bestäm reducerad area ( $A_r$ ) dvs summan av delområdenas  
 $A \times \varphi$ ,  $A_r = 0,2885 \times 0,8 = 0,2308$

Beräkna dimensionerande dagvattenflöde,  
 $q_{dim} = A_r \times i = 0,2308 \times 285 = 66$  l/s

10 (minuter) = 600 sekunder  
 $600 \times 66 = 39600$  liter = **39,6m<sup>3</sup>**

## Beräkning av dagvattenflöde tak. Beräkning enligt Svenskt Vatten 2016 (A)

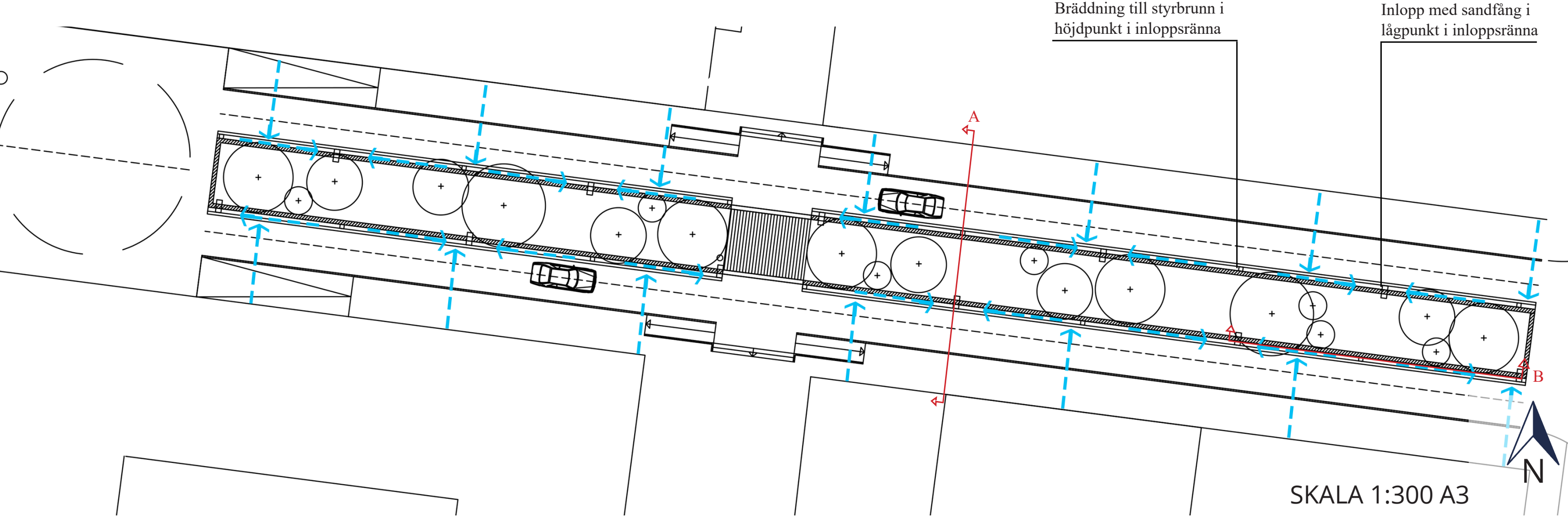
$A = 0,2400$  ha tak  $\varphi = 0,9$   
 $i$  = medelregnintensitet vid regn med 10 års återkomsttid och 10 minuters varaktighet 285 l/s ha (Varberg. a)

Bestäm reducerad area  $A_r$  dvs summan av delområdenas  
 $A \times \varphi$ ,  $A_r = 0,2400 \times 0,9 = 0,216$

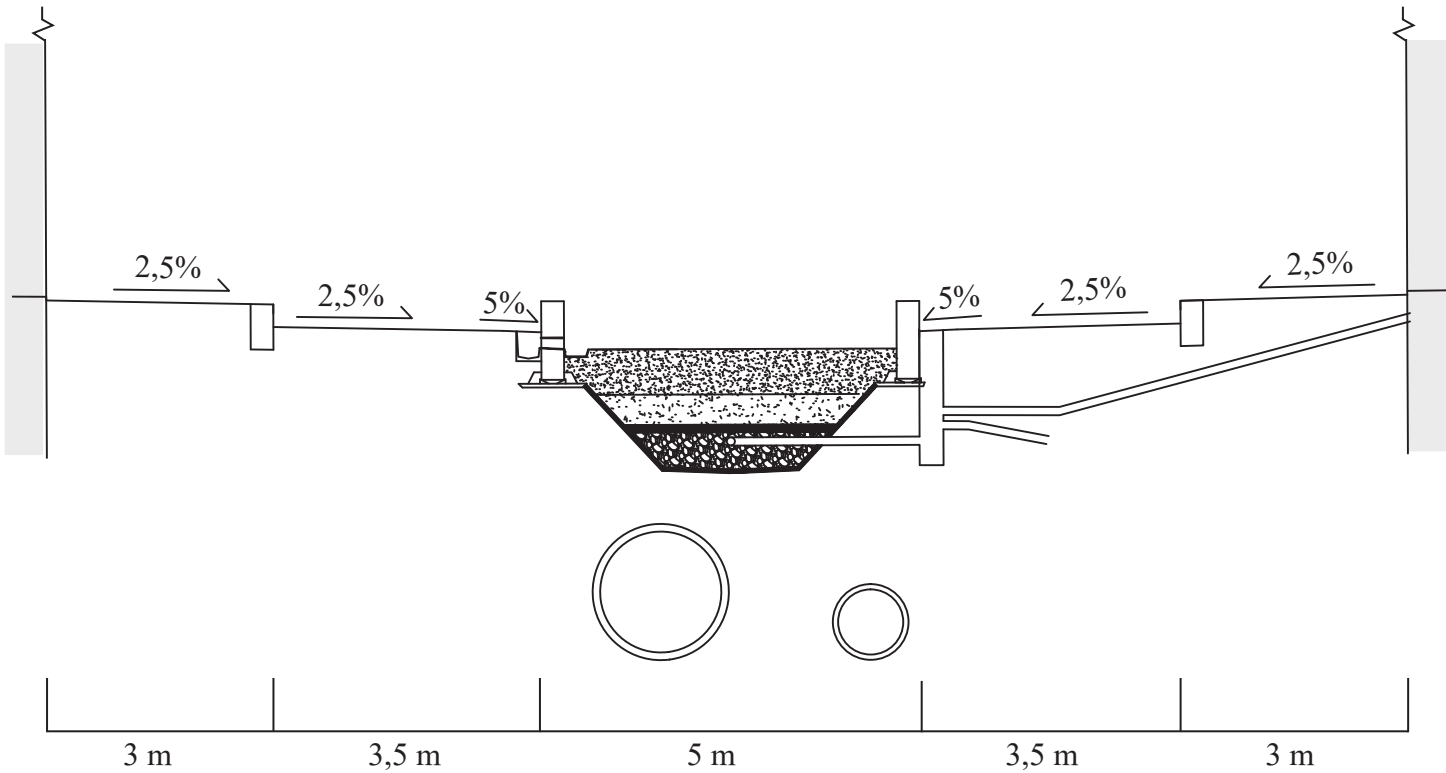
Beräkna dimensionerande vattenflöde,  
 $q_{dim} = A_r \times i = 0,216 \times 285 = 61,5$  l/s

10 (minuter) = 600 sekunder  
 $600 \times 61,5 = 36900$  liter = **36,9m<sup>3</sup>**

# AVVATTNINGSPRINCIP



Figur 21. Plan över avvattningsprincip. Magasinsgatan, Varberg. Illustration: Anton Åberg.



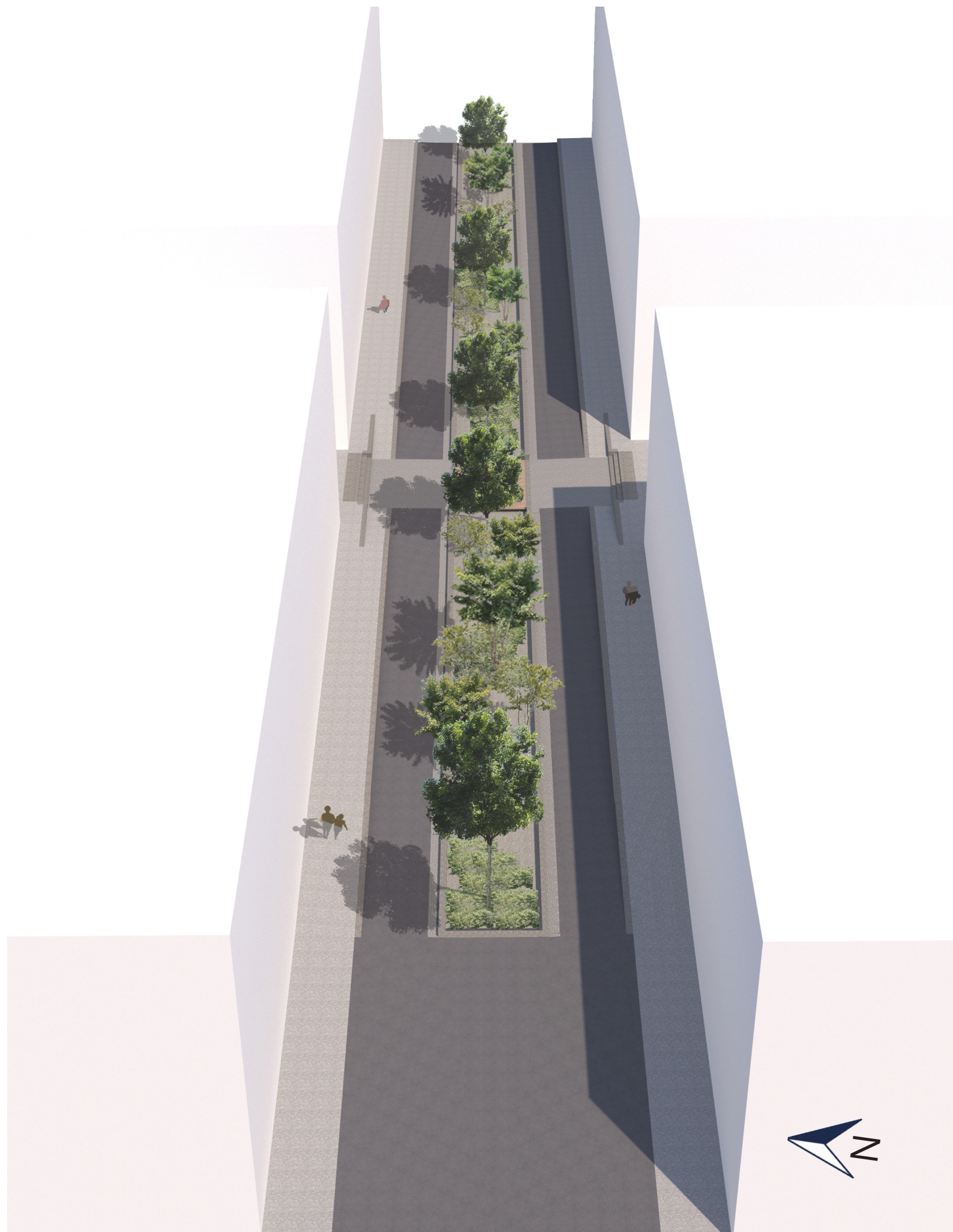
## Avvattningsprincip

Gatan har en mycket svag lutning på cirka 0,2% i öst-västlig riktning. Den huvudsakliga lutningen, som också anger riktningen på vattenflödet sker i gatans breddled, från husfasaderna in mot gatans mitt och regnbädden. Lutningen på trottoarerna och körbanorna är 2,5%. Körbanornas lutning avslutas i en flack rännal, med en lutning på cirka 5% mot regnbäddens kantstöd. Vattnet leds därefter ned i en dagvattenränna som löper längs med regnbäddens hela längd, på båda sidor om bädden (se detaljkonstruktion på sida 21-22).

Takvattnet leds via stuprör ned i ledningar i marken och sedan direkt in i det luftiga förstärkingslagret i regnbäddens botten. Det transporteras alltså inte över markytan och påverkar således inte avrinningen i marknivå.

Figur 22. Sektion A. Gatusektion över lutningar. Magasinsgatan, Varberg. Illustration: Anton Åberg





## REGNBÄDDEN SOM HELHET

I och med de förutsättningar som fanns inför projekteringen av gestaltungs-exemplet, var placeringen av regnbädden given redan från start. Kring frågan hur denna yta sedan skulle utnyttjas fanns viss flexibilitet, men för att skapa förutsättningar för så många träd som möjligt utnyttjades hela den yta som fanns tillgänglig. Resultatet är en mycket väl tilltagen regnbädd, som löper genom hela gaturummet och delar gatan i två.

På vardera sida om regnbädden löper enkelriktade körbanor och intill dessa finns trottoarerna, som ansluter till huskropparna. Körbanorna går ihop vid gatans västra ände, där en vändplats finns, vilken också bestämmer slutet på regnbädden. Uppdelningen av gatan bidrar även till att körfälten blir smälare, vilket kan ha en positiv påverkan på upplevelsen som kvartersgata och därmed också minskade hastigheter på trafiken. Det faktum att körbanorna är i princip lika breda som de intilliggande trottoarerna bidrar även till upplevelsen av Magasinsgatan som en kvartersgata, vilket främjar gång- och cykeltrafik. I mitten av Magasinsgatan korsas vägen av 'Barnens Boulevard', en gata anpassad för gångtrafikanter med fokus på barnen från den närliggande förskolan.

Trottoarer och körbanor har i detta gestaltningsexempel fått föreslagna markmaterial, av gatsten respektive asfalt. Markmaterialen har viss påverkan på avrinningskoefficienten i uträkningarna av dimensionerande flöden, som redovisas på sidan 18, vilket också ändras om materialen byts ut. Detta bör tas i beaktande om materialen ändras om annat estetiskt uttryck önskas för Magasinsgatans utformning som helhet.

Placeringen av regnbädden på Magasinsgatan innebär att den varken konstrueras som curb-cut eller curb-extension, då den inte utgör en del av trottoaren. Regnbädden kan med sin placering snarare liknas med en mittrefug, vilken inte desto mindre fyller sina funktioner som både regnbädd och växtbädd för träd. Träden i regnbädden skapar med tiden en stor grönvoly, som bidrar med form och karaktär åt gaturummet. Genom användningen av en blandning av högstammiga- och flerstammiga träd, placerade i oregelbundna mönster, skapas en varierad grönska.

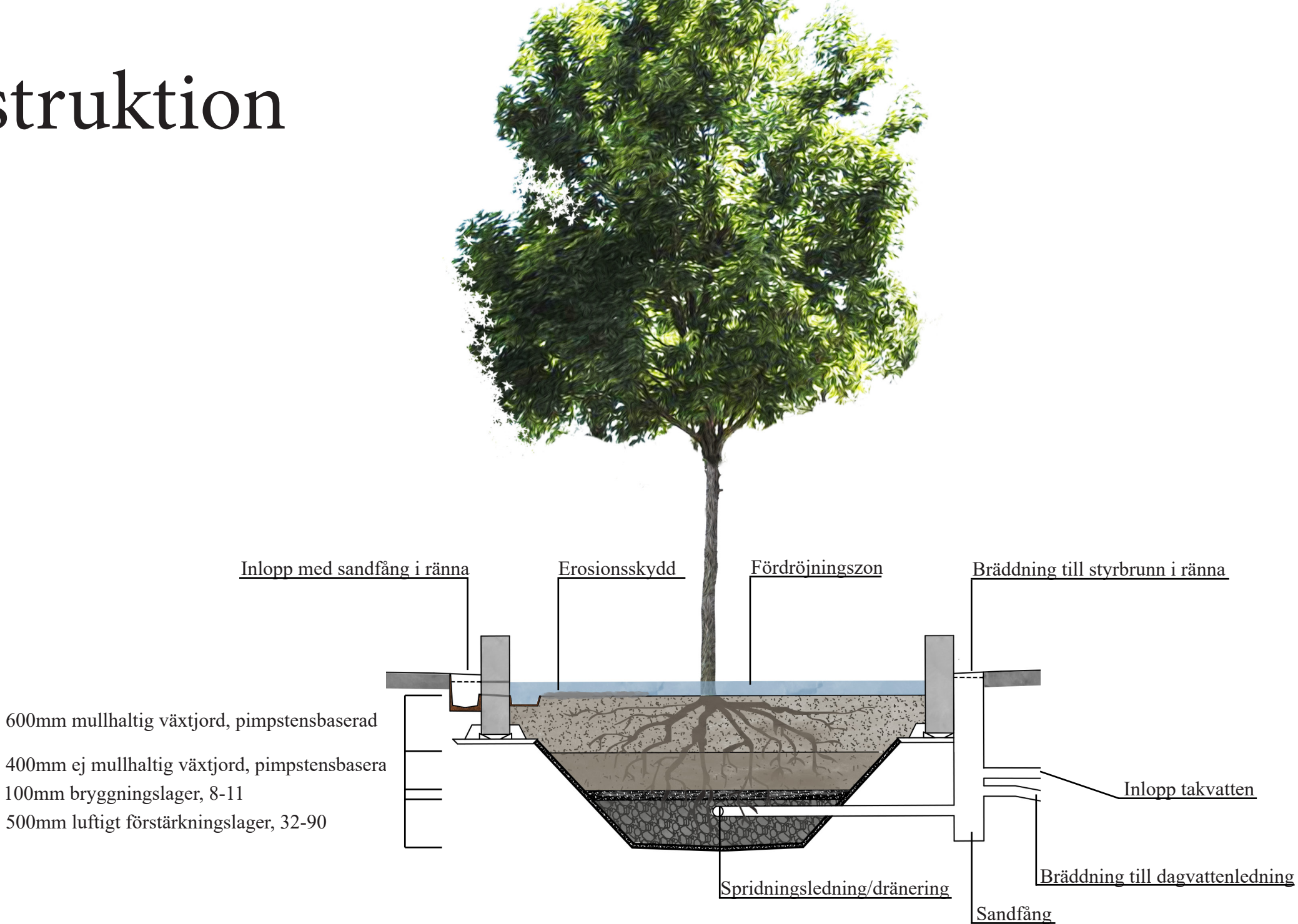
Figur 23. Fågelperspektiv över helhet, gata och regnbädd. Magasinsgatan, Varberg. Illustration: Anton Åberg



# Regnbäddens konstruktion

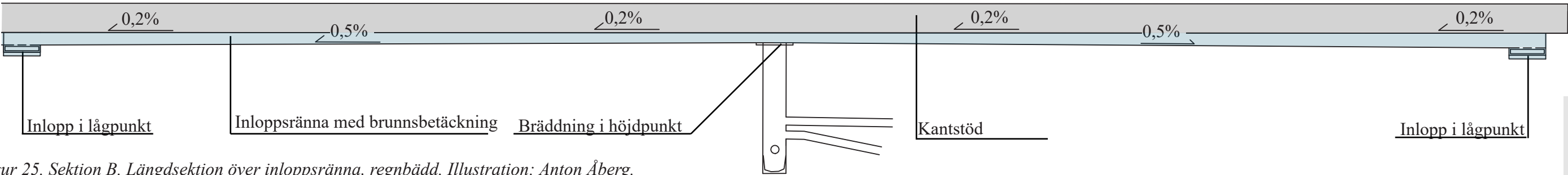
Konstruktionen av regnbädden på Magasinsgatan baseras på konstruktionen av regnbädd typ 5, med gummiduk i botten, vilket innebär att bädden är helt tät. Filtersubstratet i regnbädden byggs upp enligt figur 24 av 600 millimeter mullhaltig, pimpstensbaserad växtjord samt 400 millimeter pimpstensbaserad växtjord utan mullhalt. Pimpstensjorden bidrar till en god hydraulisk konduktivitet, samtidigt som den har förmågan att hålla växttillgängligt vatten längre under torrperioder, samt syre då bädden är vattenmättad. Under filtersubstratet finns ett 100 millimeter tjockt bryggningslager av makadam i fraktion 8-11 millimeter, för att förhindra att finmaterialet från filtersubstratet spolask ned i det underliggande luftiga förstärkningslagret. Underst i bädden finns det luftiga förstärkningslagret, bestående av makadam i fraktion 32-90 millimeter, som bildar en stabil grund samtidigt som det med sina 40% porvolym kan lagra stora mängder vatten. På vardera långsida finns dagvattenrännor som är konstruerade som en traditionell linjeavvattning. Dagvattnet leds alltså ned i dessa rännor på bred front, längs med hela gatan. Dagvattenrännornas botten är sedan uppbyggd med hög- och lågpunkter, mellan vilka rännans botten lutar. Inloppen är placerade i rännans lågpunkt och bräddavloppen i rännans höjdpunkt, vilket innebär att vattnet i första hand leds ned i inloppen (se figur 25).

Vid de tillfällen fördröjningszonen inne i bädden blir full, trycker vattnet tillbaka genom inloppen och ut i dagvattenrännan. När det når rännans höjdpunkt bräddas vattnet ner i styrbrunnen. I styrbrunnen går vattnet i första hand in i spridningsledningen och fördelas i bottenmagasinet. När detta magasin är fullt, trycker vattnet tillbaka i spridningsledningen och ut i styrbrunnen. När vattennivån når över spridningsledningens inlopp, bräddas vattnet ut i en dagvattenledning. Med denna konstruktion går dagvattnet alltid i första hand ut i bädden och fyller på fördröjningszon- och bottenmagasin innan det till sist eventuellt bräddar ut i dagvattennätet. På samma sätt leds takvatten från kringliggande byggnader in i styrbrunnen och börjar fylla på bottenmagasinet samtidigt som dagvattnet fyller på ovanifrån. På så sätt fylls bottenmagasinet på snabbare även vid mindre regnmängder, vilket gynnar vattenlagringen för träden.



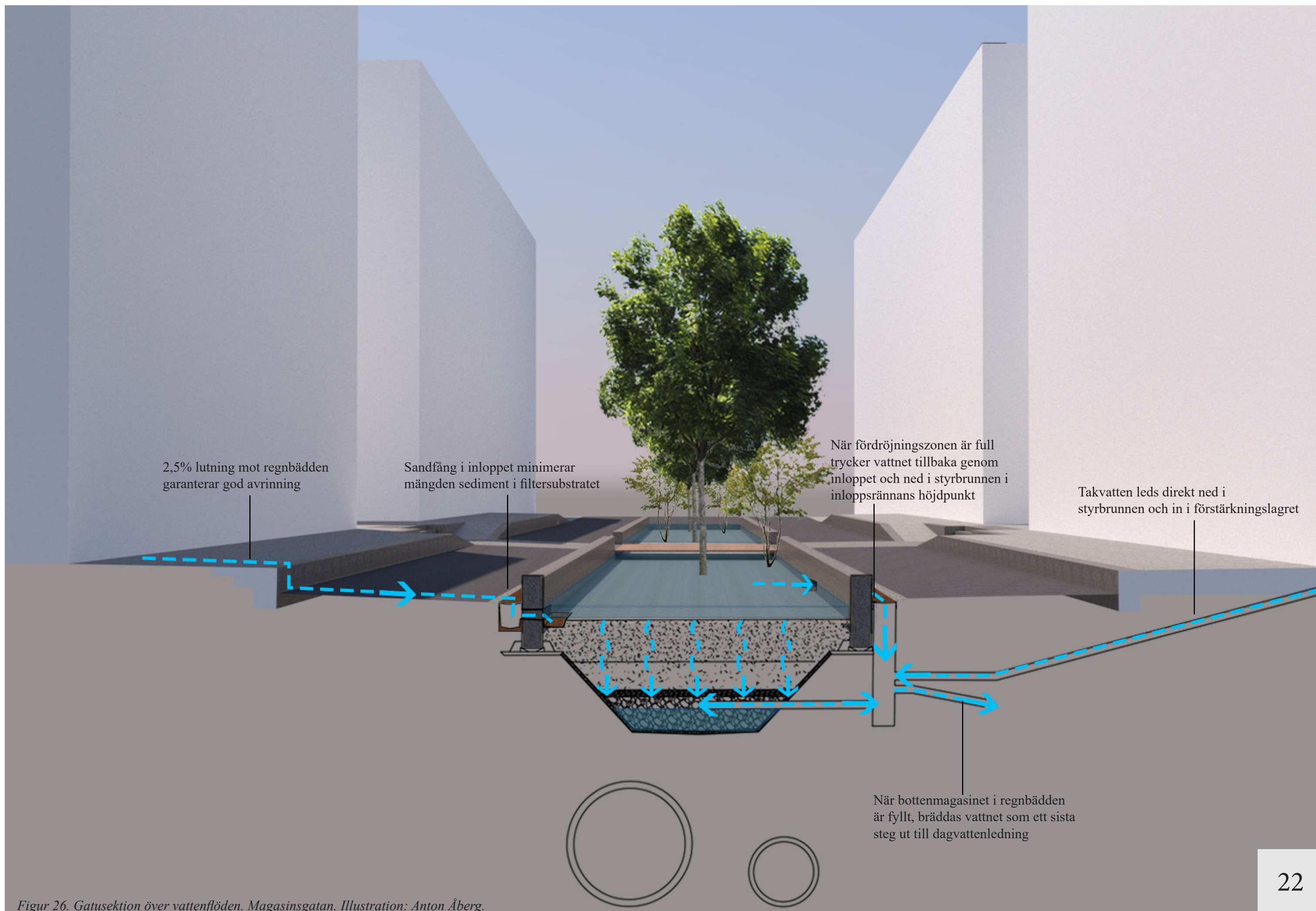
Figur 24. Tvärsektion över regnbäddens konstruktion och funktion. Magasinsgatan, Varberg. Illustration: Anton Åberg

Längdsektion över inloppsränna



Figur 25. Sektion B. Längdsektion över inloppsränna, regnbädd. Illustration: Anton Åberg.





Figur 26. Gatusektion över vattenflöden. Magasinsgatan. Illustration: Anton Åberg.

# Träd i regnbädden

Genom att beräkna den totala volymen av det luftiga förstärkningslagret i regnbädden kan vi få reda på hur mycket vatten den har potential att hålla, då vi vet att förstärkningslagret kan hålla 400 liter vatten/kubik. Förstärkningslagrets totala volym är cirka 95 m³, vilket innebär att det kan hålla cirka 38 m³ vatten vid vattenmättnad. Genom att räkna samman samtliga träds dagliga vattenförbrukning kan en uppskattning göras av hur länge vattenmagasinet i botten på regnbädden räcker för att försörja träden med vatten.

### Magasinsgatans ståndort

Magasinsgatan sträcker sig i sydöst-nordvästlig riktning, vilket innebär att omgärdande byggnader ligger i söderläge. Detta i sin tur innebär att läget för regnbädden kommer vara skuggigt till halvskuggigt, dock visar skugganalyser gjorda i Sketchup att solen kommer kunna ta sig ned över bädden under sommarens ljusaste månader. Gatans något vinklade läge i nord-sydlig riktning gör att den värsta vinden från väst mildras, dock gör det havsnära läget att gatan ändå får ses som relativt vindutsatt. I och med det underliggande vattenmagasinet kommer träden i den annars torra bädden, efter etablering ha tillgång till vatten under upp till tre veckors torkperiod. I och med detta finns möjligheter att välja träd som annars skulle vara för känsliga för den torra miljön. Det är dock fortfarande så att regnbädden under perioder kommer vara torr, vilket gör att träden bör ha viss torktålighet.

De trädarter som valts ut till gestaltningsexemplet i Varberg har baserats på rekommendationer från *Tree Species Selection for Green Infrastructure - A Guide for Specifiers*, skrivet av Henrik Sjöman och Andrew Hiron (2019), båda experter inom växtanvändning i urban miljö. I denna guide delar författarna in trädarter utifrån deras potential att klara olika typer av miljöer. Avsnittet som presenterar arter för regnbäddar (SuDS) innehåller en ganska liten grupp träd, vilket väl speglar de svårigheter som finns med trädval för den här typen av miljöer. Efter att ha specificerat övriga ståndortsfaktorer för Magasinsgatan kunde några arter väljas ut för regnbädden. Arterna som presenteras i figur 27 är de som valts utifrån *Tree Species Selection for Green Infrastructure* (2019).

Under träden föreslås ett markskikt bestående av både marktäckande buskar och gräs. Föreslagna arter är; getris (*Diervilla lonicera* ’Dilon’), doftsumak (*Rhus aromatica* ’Grow Low’) samt randgräs (*Phalaris arundinacea* ’Picta’). De tre arter som valts ut är exempel på markskikt som kan fungera bra i den här planteringen. I och med den stora yta som blir i regnbädden på Magasinsgatan bör dessa kompletteras med fler arter. Då modellen för beräkning av vattenåtgång enligt Lindsey och Bassuk (1991) är utformad för beräkningar gällande träd, har denna modell inte kunnat appliceras för markvegetationen.

## TRÄDBERÄKNINGAR

Art	Kronbredd (m)	Leaf area index	Vattenåtgång liter/dygn	Antal
<i>Acer rubrum</i> ’Redpointe’	8 (1)	4,9 (2)	196 (3)	5
<i>Acer x zoeschense</i> ’Annae’	8 (1)	4,8 (2)	192 (3)	2
<i>Prunus padus ssp. borealis</i> ’Laila’ E	6 (1)	5,1 (2)	114 (3)	6

Figur 27. Träd för beräkning av vattenåtgång, regnbädd, Magasinsgatan.

- (1) - *Stadsträdslexikon* (Sjöman & Slagstedt, 2015)
- (2) - *Breuer, Eckhardt & Frede* (2003)
- (3) - Beräkning enligt *Lindsey & Bassuk* (1991)

### Beräkning total vattenåtgång/dygn

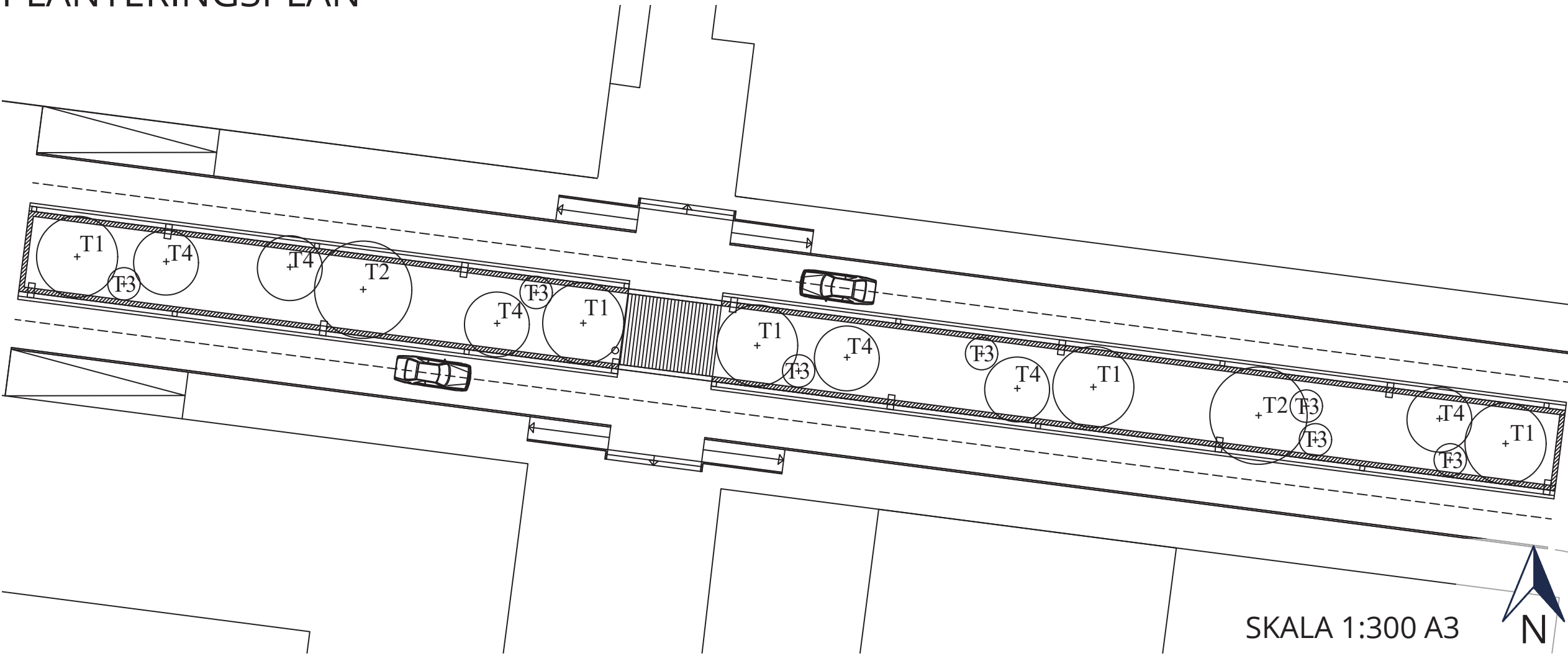
<i>Acer rubrum</i> ’Redpointe’	196 x 5 = 980
<i>Acer x zoeschense</i> ’Annae’	192 x 2 = 384
<i>Prunus padus ssp. borealis</i> ’Laila’ E	114 x 6 = 684
<b>Total vattenåtgång</b>	<b>2048 L</b>

### Beräkning vattenmagasin kapacitet

Total vattenåtgång	2048 liter/dygn (ca 2 m³)
Vattenmagasin regnbädd	38 m³
	38 / 2 = 19
<b>Regnbäddens vattenmagasin räcker till att förse träden i bädden med vatten i cirka 19 dygn</b>	



# PLANTERINGSPLAN



## LEGEND

 Föreslaget träd

# VÄXTFÖRTECKNING

Lignoser enligt planteringsplan

Beteckning	Vetenskapligt namn	Svenskt namn	Antal	Anmärkning
T1	<i>Acer rubrum</i> ‘Redpointe’	Rödlönn	5	Högstam
T2	<i>Acer x zoeschense</i> ‘Annae’	Dansklönn	2	Flerstammigt
T3	<i>Amelanchier laevis</i>	Kopparhäggmispel	7	Buskträd
T4	<i>Prunus padus ssp. borealis</i> ‘Laila’ E	Nordhägg	6	Flerstammigt

Förslag på marktäckande vegetation

Artnamn	Svenskt namn
<i>Diervilla lonicera</i> ‘Dilon’	Getris
<i>Rhus aromatica</i> ‘Grow Low’	Doftsumak
<i>Phalaris arundinacea</i> ‘Picta’	Randgräs



Figur 28. *Acer rubrum*. Foto: Wiki Commons



Figur 29. *Acer zoeschense*. Foto: Wiki Commons



Figur 30. *Amelanchier laevis*. Foto: Wiki Commons



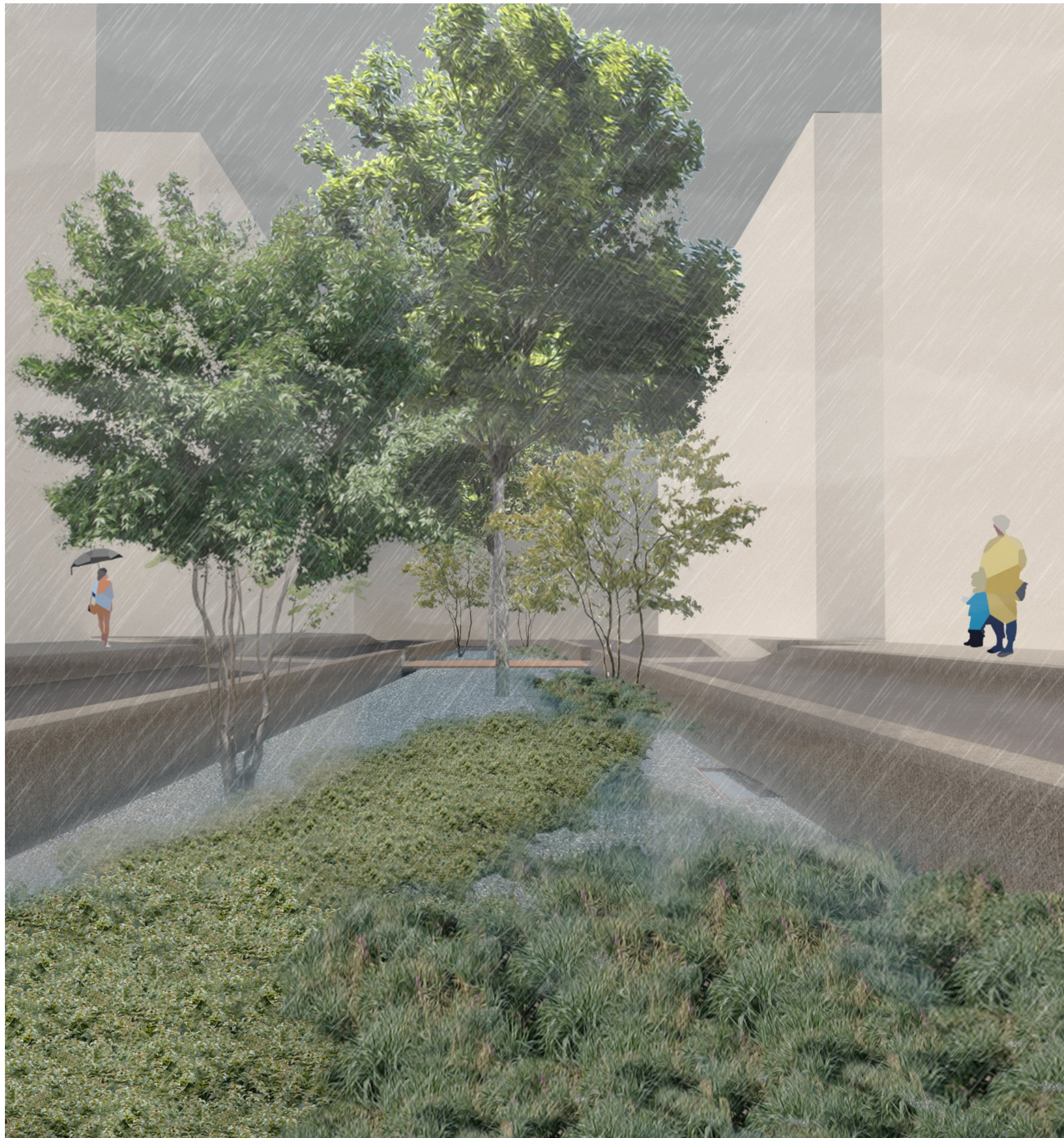
Figur 31. *Prunus padus*. Foto: Wiki Commons





Figur 32. Perspektiv över helhet, Magasinsgatan. Illustration: Anton Åberg





Figur 33. Perspektiv över regnbädd vid vattenmättnad. Illustration: Anton Åberg.

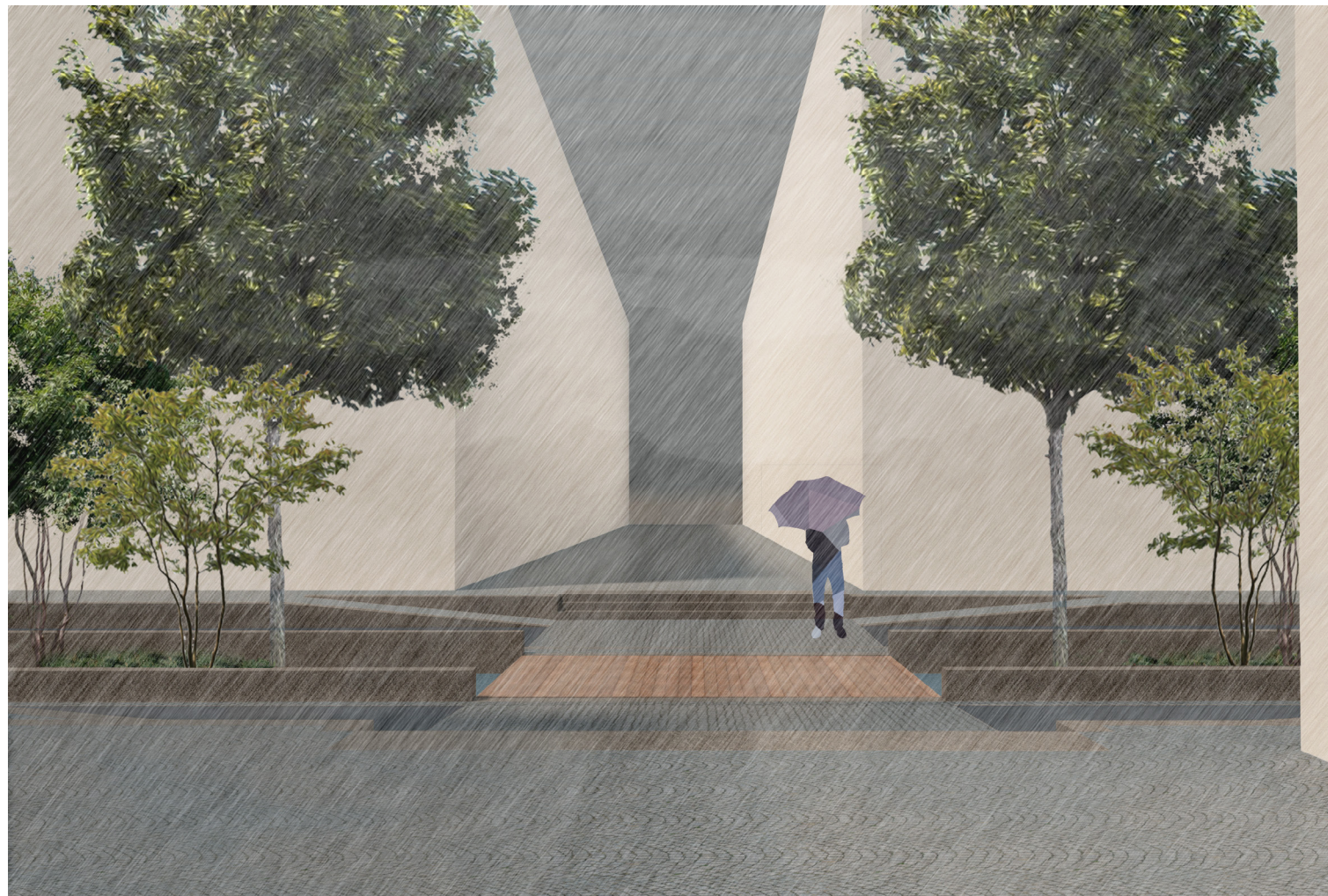
Vid mycket kraftiga regn hinner vattnet inte infiltrera ned genom filtersubstratet, vilket innebär att det kommer stanna ovanpå substratet. Genom att placera bräddavloppet med en distans ovanför filtersubstratet skapas en fördröjningszon där vattnet kan fördröjas innan det infiltrerar ner i bädden. Beroende på hur stor denna distans är, samt storleken på regnbädden totala yta, kan regnbädden fördröja mer eller mindre vatten vid skyfall. I gestaltningsexemplet från Magasinsgatan har bräddavloppet placerats 25 centimeter ovanför filtersubstratet. Detta skapar en sammanlagd fördröjningsvolym på cirka 720 kubikmeter, vilket innebär en mycket stor förmåga att fördröja dagvatten även vid kraftiga regn. Inte förrän nivån i fördröjningszonen överstiger 25 centimeter behöver vattnet bräddas ut i styrbrunnen, för att därefter först fylla på bottenmagasinet och i ett sista led bräddas ut till dagvattennätet.

Denna fördröjningszon innebär också utmaningar för vegetationen, då den innebär att vatten kommer stå upp längs växternas stammar vid skyfall. Detta innebär att växterna måste tåla periodvis översvämning, för att inte riskera att stryka med när fördröjningszonen fylls på.

De vattenflöden som leds in i bädden kommer även innebära risk för erosion, vilket bör tas i beaktande vid anläggning. Marktäckande vegetation är ett sätt att minska erosionen, då växterna har en god förmåga att bromsa upp vattnets hastighet. I de delar av bädden som inte täcks av vegetation, runt brunnar och inlopp, bör någon form av erosionsskydd läggas ovanpå filtersubstratet. Detta material måste tillåta hög genomsläpplighet, för att inte minska regnbäddens infiltrationsförmåga. I detta gestaltningsexempel föreslås makadam i fraktion 8-11 eller 11-16 millimeter, som fördelas i ett 5-3-5 centimeter tjockt lager på de ytor som inte täcks av markvegetation.

Vegetationen som väljs för marktäckning i regnbädden bör väljas med tanke på djupet på fördröjningszonen. All växtlighet i regnbädden måste tåla periodvis översvämning, men mycket få arter klarar att täckas helt av vatten (Glenz et al, 2006). Detta innebär att den marktäckande vegetationen måste vara såpass hög i förhållande till fördröjningszonen, att vegeterande delar fortfarande når upp ovanför vattenytan. I gestaltningsexemplet från magasinsgatan illustreras randgräs (*Phalaris arundinacea* 'Picta'), doftsumak (*Rhus aromatica* 'Grow Low') och getris (*Diervilla lonicera* 'Dilon') som alla visat sig ha god tålighet för så väl torra som blöta förhållanden (Sjöman et al, 2016; Skoglund, 2018). Dessa växter kan fördelaktigen kompletteras med fler arter av motsvarande karaktär.





Figur 34. Perspektiv över bro och korsning. Illustration: Anton Åberg



Figur 35. Perspektiv, korsning över regnbädd, Magasinsgatan - Barnens Boulevard. Illustration: Anton Åberg

Byggnaderna som ska omgärda magasinsgatan har krav på färdig golvhöjd på +3.0 meter, för att säkra upp för framtida havsnivåhöjningar. För att tillgängliggöra entréerna ligger trottoaren på motsvarande höjd längs med gatan. Detta innebär att den höjdskillnad som finns i längsled på gatan tas upp av en ramp i trottoarernas västra ände. Körbanan kan däremot ta upp höjdskillnaden i en svag lutning längs med hela gatan, vilket gör att ingen ramp krävs i körfältet. Denna höjdskillnad mellan gata och trottoar tas upp av en trappa och två ramper vid övergångsstället till 'Barnens Boulevard' (se figur 34). Trappan och ramperna gör anspråk på den yttre halvan av trottoarens bredd, vilket innebär att dessa inte måste nyttjas för att transportera sig längs trottoaren. Höjdskillnaden mellan gata och trottoar ger även en tydlig avgränsning mellan bil- och gångtrafik, vilket minskar risken att trafikslagen inkräktar på varandra.

Regnbäddens kantstöd utgörs i gestaltningsexemplet av huggna granitblock som anläggs med cirka 40 centimeters visning mot gatan. På så vis bildar de en och fysisk barriär in mot regnbädden, vilket ökar säkerheten då kantstöden fungerar som infallsskydd mot gatan.

Korsningen till Barnens Boulevard påverkar utformningen av såväl regnbädden som resten av Magasinsgatan. Önskemålet från Varbergs kommun var att övergångsstället från Barnens Boulevard skulle vara väl markerad för att tydliggöra det korsande gångstråket. Genom skillnad i markmaterialet markeras övergångsstället i körbanorna och anslutande trappa och ramper kopplar samman övergångsstället med trottoaren. Övergången över regnbädden konstrueras i form av en träbro, som ligger på betongfundament i regnbädden. Bron anläggs på samma höjd som omgivande markytor, för att garantera tillgängligheten. Ett alternativ hade varit att dela regnbädden i två och bygga upp ett övergångsställe med en vanlig överbyggnad. Genom brokonstruktionen får övergångsstället i stället även ett pedagogiskt syfte, då det visar på anläggningens koppling till vattenhantering. Samtidigt ökar mängden vatten som kan lagras i regnbäddens bottenmagasin och vattenflödet i bädden förblir opåverkat.

Närmast bron placeras högstammiga träd och de flerstammiga buskträden placeras först bortom dessa, för att öka sikten kring övergångsstället. Avståndet från bron till vegetationen öppnar upp gaturummet och tydliggör övergångsstället på långt håll.



# Diskussion

I följande kapitel diskuterar jag sammanfattande kring arbetet som helhet samt vad arbetet har lett fram till. Jag diskuterar även för- och nackdelar med de metoder som använts för att genomföra arbetet. Slutligen reflekterar jag kring arbetets gång och de lärdomar som kommit av resan till ett färdigt examensarbete.

# Diskussion

## SAMMANFATTANDE DISKUSSION

Intentionen med denna studie har varit att undersöka hur hållbar dagvattenhantering- och mer specifikt regnbäddar, kan fungera som lösningar för att både ta hand om dagvatten och bidra med större grönvolum i våra städer. För att undersöka möjligheterna har ett gestaltningsexempel genomförts, med utgångspunkt i Magasinsgatan i stadsdelen Västerport i Varberg. Syftet med arbetet var att få en större förståelse för hur innovativ dagvattenhantering kan nyttjas för att få in fler värden i det urbana landskapet. Syftet har även varit att inspirera till nytänkande kring dagvattenhantering och vegetationsanvändning samt dess roll i städerna.

Litteraturstudien, referensstudien och gestaltningsexemplet har gett mig insikt i den stora komplexitet som finns kring träd i urban miljö, hållbar dagvattenhantering och regnbäddar, samt dess applicering i gatumiljö. Genom att översätta kunskapen från litteraturstudien i ett gestaltningsexempel har projektet givits verklighetsanknytning och de tekniker och beräkningar som framkommit av förstudien fått prövas utifrån en verklig situation.

I och med trenden att inrikta den moderna stadsbyggnaden mot förtätning, föreligger många utmaningar kring hur detta ska kunna göras på ett sätt som är hållbart för både människa och miljö (Boverket, 2010; Millennium Ecosystem Assessment, 2005; Naturvårdsverket, 2017; Ståhle, 2005; Svenskt vatten, 2016 B). En ökad exploateringsgrad innebär fler byggnader och större andel hårdgjord yta, vilket lämnar mindre yta där naturliga element kan få plats. Många av de naturliga processer som är nödvändiga för ett välmående samhälle riskerar därmed att gå förlorade, då dessa blir nedprioriterade i stadsbyggandet (CIRIA, 2015; Millennium Ecosystem Assessment, 2005; Naturvårdsverket, 2017; Svenskt vatten, 2016 B; Lindfors, Bodin-Sköld & Larm, 2014). Resultatet blir städer med mindre grönska och förlorade ekosystemtjänster, som inte är redo att hantera de utmaningar som kommer med ett förändrat klimat (Millennium Ecosystem Assessment, 2005; Naturvårdsverket, 2017; Svenskt vatten, 2016 B).

Som svar på denna stadsutvecklingstrend har det på senare år tagits fram ett antal metoder för att kunna implementera naturens sätt att hantera väder och klimat, under de förutsättningar som den moderna staden erbjuder (CIRIA, 2015; Naturvårdsverket, 2017; Stahre, 2004; Svenskt Vatten, 2007). Bland dessa finns metoder för hållbar dagvattenhantering, som baseras på naturens egna sätt att hantera nederbörden (CIRIA, 2015; Fridell & Jergmo, 2015; Stahre, 2004; Szota, et al, 2018; Lindfors, Bodin-Sköld & Larm, 2014; VISS, 2015). Likaså har argumenten för träd i den urbana miljön vässats och olika sätt att göra plats för träden tagits fram (Boverket, 2010; Millennium

Ecosystem Assessment, 2005; Sjöman & Slagstedt, 2015; Lindfors, Bodin-Sköld & Larm, 2014). Konceptet kring grönbå systemlösningar bygger på nytänkande kring både tekniker och synsätt inom hanteringen av grönska och dagvatten i den urbana miljön. I stället för att se det som ett problem som måste hanteras, kan det i stället ses som en resurs som kan utnyttjas för att få gröna, levande och klimatanpassade städer (CIRIA, 2015; Fridell & Jergmo, 2015; Millennium Ecosystem Assessment, 2005; Naturvårdsverket, 2017).

Litteraturstudien i detta arbete visar på att regnbäddar av olika slag har stor potential att ta hand om dagvatten och därmed avlasta det konventionella dagvattensystemet, som i och med den höga andelen hårdjord yta inte längre räcker till (CIRIA, 2015; Fridell & Jergmo, 2015; Stahre, 2004; Lindfors, Bodin-Sköld & Larm, 2014). Litteraturstudien visar även att det finns metoder för att beräkna ett träds minimikrav på vattentillgång, vilket kan användas för att ta fram konstruktionslösningar för växtbäddar för att på så sätt få in fler träd i staden (Fieldhouse & Hitchmough 2004; Lindsey & Bassuk, 1991; Trowbridge & Bassuk 2004).

Regnbäddar utnyttjar de naturliga processer som finns i jorden och de växter som växer i bädden, för att omhänderta och fördröja dagvatten (Fridell & Jergmo, 2015; Stahre, 2004; Szota, et al, 2018; Lindfors, Bodin-Sköld & Larm, 2014; VISS, 2015). En stor fördel med regnbäddar är att de är flexibla i sin konstruktion och utformning, vilket gör att de kan anpassas mycket efter platsen de är tänkta för. Därav blir de också mycket användbara i gatumiljöer, där det ofta är ont om utrymme och många funktioner ska samsas om ytan (Fridell & Jergmo, 2015; Stahre, 2004; Ståhle, 2005; Lindfors, Bodin-Sköld & Larm, 2014). Genom att integrera regnbäddar i gatumiljö kan en stor del av dagvattnet hanteras på plats, i stället för att ledas vidare i dagvattenledningarna. Vid rätt dimensionering kan så mycket som 90% av den årliga nederbörden hanteras i regnbädden, vilket innebär en stor avlastning för dagvattennätet (Fridell & Jergmo, 2015; Stahre, 2004; Lindfors, Bodin-Sköld & Larm, 2014). Utöver det kan regnbäddar bidra till både ekologiska och sociala mervärden, som gör dem värdefulla i den urbana miljön (CIRIA, 2015; Fridell & Jergmo, 2015; Millennium Ecosystem Assessment, 2005; Naturvårdsverket, 2017; Stahre, 2004).

Träd bidrar med många funktioner i den urbana miljön. Däribland kuggning som minskar den ackumulerade värmen i gatumiljöer och byggnader, rening av partiklar i luften, vindfång och inte minst hantering av nederbörd (Millennium Ecosystem Assessment, 2005; Sjöman & Slagstedt, 2015). Det sistnämnda är något som går väl ihop med hållbar dagvattenhantering. Redan innan regnet träffar marken, hjälper kronan till att samla upp en del av nederbörden och fördröjer- och till viss del helt förhindrar dess färd mot marken. I nästa led förbrukar träden det vatten som infiltrerar ned i växt-

bädden, vilket innebär att dagvattnet både blir en resurs för träden samt att träden hjälper till att avlasta regnbädden (CIRIA 2015; Sjöman & Slagstedt, 2015; Szota, et al, 2018).

Litteraturstudien och gestaltningsexemplet visar att regnbäddar kan användas för att bidra både till hållbar dagvattenhantering, samt för att få in träd i gatumiljö.

Genom att använda den beräkningsmetod för ett träds vattenbehov som beskrivs i litteraturstudien, kan ungefärliga uppskattningar göras över hur mycket vatten träden kan avlasta från regnbädden. På samma sätt kan metoden användas för att beräkna hur många- och vilka träd regnbäddens vattenmagasin räcker till.

## RESULTATDISKUSSION

Resultatet är ett gestaltningsexempel för hur regnbäddar kan appliceras i en planerad gatumiljö, samt hur de kan konstrueras för att göra plats för träd. Genom appliceringen i ett gestaltningsexempel prövas de kunskaper som inhämtats genom förstudien under förutsättningar från ett verkligt exempel.

Regnbädden i gestaltningsexemplet visar på stor potential att kunna verka för både hållbar hantering- och fördröjning av dagvatten, samt för att göra plats för träd i gatumiljö. Med sin mycket väl tilltagna yta, kan fördröjningszonen i regnbädden (ovanför filtersubstratet) hålla så mycket som 720 kubikmeter vatten. På samma sätt gör volymen på hela 38 kubikmeter tillgängligt för vattenlagring i regnbäddens bottenmagasin, att den även kan ta emot stora mängder takvatten vid skyfall, då detta leds direkt till det luftiga förstärkningslagret. Detta innebär att bädden har en mycket stor förmåga att hantera kraftiga regn, utan att behöva brädda ut vatten i dagvattensystemet. Enligt beräkningarna av dimensionerande vattenflöde för mark- respektive tak ska regnbädden klara av att hantera upp till ett 10-årsregn varandes i 10 minuter, utan att något vatten ska behöva bräddas ut i dagvattenledningarna. Det i sin tur innebär stor avlastning för det konventionella dagvattensystemet vid skyfall. Det bör noteras att detta är under givna förutsättningar vid ett kraftigt regn under tio minuter och att större, ihållande regn ger andra förutsättningar.

Artvalen av växter som planerats i bädden gjordes utifrån de ståndortsfaktorer som specificerats i gestaltningsexemplet. Regnbäddens uppbyggnad med ett artificiellt grundvatten var en viktig faktor, då detta vattenmagasin kan förse träden i bädden med vatten under en period på upp till tre veckor, vilket utgör en stor fördel vid valet av växtmaterial. Även övriga faktorer



så som solläge och vind räknades in, då ett helhetsgrepp kring ståndorten är viktigt för att garantera en långsiktigt hållbar plantering.

Det lignosa materialet utgörs i huvudsak av intermediära lönnarter (*Acer spp.*), samt nordhägg (*Prunus padus var. borealis*) som visat sig vara tåliga för både torka och periodvis översvämning. Då förutsättningar på Magasinsgatan gjorde att förstärkningslagret inte kunde byggas ut under körbanorna, blir utrymmet för träden att breda ut rötterna i sidled begränsat. Detta har mindre påverkan på trädens livsförutsättningar då vattenförsörjningen är god genom vattenmagasinet i botten på växtbädden. Däremot begränsas trädens möjlighet till förankring, vilket även begränsar hur stora träd som kan användas i bädden. Därmed är rödlönn (*Acer rubrum*) det största träd som valts för bädden, med sina 10-12 meters höjd. Övriga träd, så som hägg (*Prunus padus*) och dansklönn (*Acer x zoeschense*) planteras som flerstammiga och behåller därmed även en begränsad storlek. Hade förstärkningslagret byggts ut i sidled under körbanorna hade möjligheterna för träd att förankra sig ökat kraftigt, vilket också hade möjliggjort större träd i bädden.

Avslutningsvis bör sägas att regnbädden på Magasinsgatan är ett gestaltningsexempel, för att pröva de metoder som undersökts i litteraturstudien, under förutsättningar från ett verkligt exempel. Regnbäddar av likande konstruktion, med vattenmagasin i botten för att främja trädetablering, kan utformas på en mängd olika sätt beroende på platsens förutsättningar. Det finns ofta fördelar i att anlägga regnbädden i- eller i närhet till trottoar och/eller flexzon, för att kunna bygga ut förstärkningslagret under överbyggnader med lägre krav på bärighet. Förutsättningarna på Magasinsgatan gjorde dock att detta inte var möjligt. Samtidigt visar exemplet på Magasinsgatan att den här typen av regnbäddar kan konstrueras på olika sätt, efter de förutsättningar platsen erbjuder.

## METODDISKUSSION

Inför det här arbetet var mina kunskaper kring hållbar dagvattenhantering relativt begränsade, men mitt intresse och min nyfikenhet var stor. Ganska kort in i litteraturstudien fick jag en bild av hur stort och väletablerat hållbar dagvattenhantering är som koncept. Litteraturstudien fick därmed smaltas av mot den typ av dagvattenlösningar som mest uppenbart är utformad för gatumiljö, vilket innebar regnbäddar. Där efter kunde litteraturstudien inrikta sig mot hur regnbäddar kan anpassas för att utgöra en lämplig växtbädd för träd. Det bör poängteras att mycket kring regnbäddar baseras på ’best management practice’, vilket innebär att mycket av litteraturen består av artiklar och offentliga dokument, snarare än vetenskapliga publikationer. Detta beror till stor del på att ämnet är förhållandevis nytt och att forskning ännu saknas.

Jämsides med litteratursökningen kring regnbäddar påbörjades motsvarande sökningar efter litteratur kring trädens krav på sin växtplats, samt hur träden kan bidra till dagvattenhanteringen. Bakom den här sökningen ligger en oformulerad tes kring att träden alls har någon funktion i dagvattenhanteringen, som baseras på antydningar och påståenden jag plockat upp tidigare under utbildningen. Sökningarna efter litteratur kring detta ämne utgick därför från sökord som ”träd behov”, ”träd i urban miljö”, ”växtbäddar träd” och en mängd varianter på formuleringar och översättningar av dessa. Sökningarna ledde snart fram till ett par olika källor som beskrev den beräkningsmetod för jordvolym för träd av Lindsey och Bassuk (1991) som används i arbetet. Då metoden har en väldigt tekniska natur, som ger en siffra på vattenbehovet för ett enskilt träd, såg jag potentialen att använda denna metod i samband med konstruktioner för dagvattenhantering. I och med kombinationen av trädberäkningar och regnbäddsberäkningar, görs ett antagande att dessa två ska gå ihop, som inte baseras på någon litteratur. Då de olika beräkningarna i huvudsak står för sig själva och det är själva resultaten som läggs ihop i en ny ekvation gällande regnbäddars potential att motsvara trädens vattenbehov, bedömdes det ändå vara tillräckligt legitimt, då beräkningsmetoderna i sig inte ändrats.

Med beräkningarna av vattenåtgång för träd kom en del svårigheter, i form av bristfälligt material. Värden för leaf area index (LAI) för enskilda träd är i dagsläget mycket svårt att få tag på, vilket kraftigt begränsar vilka trädarter som går att beräkna med denna metod. Därav kunde inte alla arter som planerades in i regnbädden beräknas, vilket försvårar den slutgiltiga beräkningen för sammanlagd vattenåtgång. Dock var det bara en av arter (*Amelanchier laevis*) som valts för regnbädden på Magasinsgatan, som inte gick att beräkna på grund av brist på LAI-värden. Denna art valdes ändå till planteringen då den passar väl in med det estetiska uttryck som uttrycktes som önskemål från Varbergs kommun, ståndort, samt att den med sin relativt begränsade storlek inte bör ha allt för stor påverkan på vattenmagasinet i regnbädden.

Tanken med referensstudien var att den skulle bidra med inspiration kring gestaltning och teknisk utformning inför gestaltningsexemplet. Ursprungligen var målet att komma i kontakt med kommunerna från respektive projekt, men detta visade sig snart vara mycket svårt. Efter idoga försök att komma i kontakt med ansvariga för de olika projekten, utan större framgång, bestämde jag mig för att minska ned på kraven för vad som skulle finnas med i referensstudien. Den utformades i stället för att huvudsakligen bidra med inspiration kring gestaltningen, samt för att få större kunskap om verkliga projekt av den typ jag senare skulle jobba med i gestaltningsexemplet. Källorna utgjordes främst av en inventering gjord som ett examensarbete på avancerad nivå skrivet av tidigare student vid SLU (Skoglund, 2018), som täckte in alla tre projekt jag valt ut för referensstudi-

en. Denna jämfördes sedan med de planer jag fann för vardera projekt och källorna styrktes mot varandra. Detta innebär att referensstudien i huvudsak utgörs av andrahandskällor. Då referensstudiens huvudsakliga funktion var som inspiration i gestaltningen, bedömdes detta vara tillräckligt legitimt för syftet.

För att få en bild av Varbergs kommuns vision för utvecklingen av Västerport studerades kommunens planprogram. Planprogrammet bidrog med en bild av de mål kommunen har kring hållbar dagvattenhantering och urban grönska i stadsutvecklingsprojektet Västerport. Under arbetets gång hölls möten med landskapsarkitekter- och markprojektörer på Sweco samt landskapsarkitekter och projektledare på Varbergs kommun. Vid arbetets början var planen att på en mer generell och övergripande nivå undersöka möjligheterna till regnbäddskonstruktioner och träd för området Västerport, men efter tidigare nämnda möten framkom att det efter att projekteringen av rör- och ledningar fanns mycket begränsade utrymmen kvar för anläggande av regnbäddar. Valet stod då mellan att göra ett arbete mindre kopplat till verkligheten och ta fram förslag på en övergripande nivå för hela Västerport, trots minskad möjlighet att utgå från verkliga förutsättningar. Alternativt att arbeta med Magasinsgatan som exempel, som var den enda gata som fanns kvar med förutsättningar för att kunna anlägga en regnbädd. Jag valde därmed att utgå från de verkliga förutsättningar som fanns, för att få ett så verklighetsanknutet projekt som möjligt och antog därmed Magasinsgatan som plats för mitt gestaltningsexempel.

Gestaltningsexemplet utgick sedan från de förutsättningar som fanns utifrån de delar av projekteringen som var färdiga för Magasinsgatan när arbetet med gestaltningsexemplet påbörjades. Även här valdes att göra gestaltningsexemplet så nära som möjligt de verkliga förutsättningar som fanns, för att projektet skulle bli verklighetsanknutet och på så sätt visa på möjligheterna att applicera den här typen av anläggningar i verkliga situationer. Ett annat alternativ hade varit att göra en mer generell utformning av regnbädden, för att den enklare skulle kunna appliceras i andra miljöer. Detta hade dock inte följt linjen att göra gestaltningsexemplet så verklighetsanknutet som möjligt.

Genom arbetets upplägg, från litteraturstudie och referensstudie till gestaltningsexempel, har jag fått kunskaper och inspiration kring regnbäddars potential att göra plats för träd i gatumiljö, från teori till praktik.

## VIDARE STUDIER

Det finns mycket kvar att göra inom det stora område som utgör grönbå lösningar för urbana miljöer. En viktig del är att börja utvärdera de anläggningar som finns, för att öka kunskapen om vad som fungerar hållbart på lång sikt.

Mätningar för leaf area index (LAI) är kritiska för att den beräkningsmetod som används i detta arbete ska fungera. Tyvärr finns det i dagsläget väldigt lite mätningar av dessa värden, vilket öppnar upp för fortsatta studier. LAI-värden har använts mycket inom skogs- och landskapsforskning, men inte för individuella träd i någon större utsträckning. Sammanställande mätningar av individuella träd av olika arter vore därför intressant, för att kunna använda i studier och arbeten liknande den här.

## AVSLUTANDE ORD

Det här arbetet har givit mig många lärdomar om den komplexitet som finns kring både hållbar dagvattenhantering och träd i den urbana miljön. Trots att de fyller många och viktiga funktioner, blir de ofta negligerade i stadsplaneringen, till förmån för funktioner som inte är fullt så komplexa i sin värdeskattning. Inte minst har jag fått insikt i de utmaningar som föreligger i ett planeringsskede, där flera aktörer med olika intressen ska försöka samverka. Samtidigt finns där också stora möjligheter att förbättra just detta, genom att jobba med dialog och samverkan genom hela projekterings- och utförandefasen. Det framstår som en fullständig nödvändighet att ta in aspekter som hållbar dagvattenhantering och urban grönska från allra första början i en projektering, för att det ska bli möjligt att applicera på bästa sätt. Om detta också görs, kan både träd och regnbäddar bidra stort till en hållbar utveckling av våra urbana miljöer. Det är därför också viktigt att samtliga aktörer inom samhällsplaneringen utbildar- och tar till sig av de metoder som numera finns för att börja utveckla våra städer i en hållbar riktning.

Jag tror också att detta innebär ett ansvar för oss landskapsarkitekter, i den roll vi har att förespråka den här typen av lösningar. Det är lätt att förledas att tro att regnbäddar är hållbara var och hur de än planeras in. Man bör komma ihåg att regnbäddar bara är en del i lösningen för en hållbar dagvattenhantering och att ett bredare grepp måste tas kring denna fråga. Det blir även ett ansvar i att utforma de blågröna lösningarna med kunskap och förnuft, för att de verkligen ska fylla de funktioner vi önskar och som våra urbana miljöer så väl behöver.

# Källförteckning

## LITTERATURFÖRTECKNING

Bara Mineraler (2018) *Naturlig Urkraft: För Hållbara Planteringar och Miljöer*. [Elektronisk resurs].  
[https://www.google.se/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwikkeiw35PhAhXEblAKHbgUAS-gQFjAAegQIBBAC&url=https%3A%2F%2Fwww.baramineraler.se%2Fwp-content%2Fuploads%2F2018%2F12%2FBara\\_Mineraler\\_Produktkatalog\\_2018\\_komplett\\_LR.pdf&usg=AOvVaw2zmFl3RBJa\\_Tj1eum84iFU](https://www.google.se/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwikkeiw35PhAhXEblAKHbgUAS-gQFjAAegQIBBAC&url=https%3A%2F%2Fwww.baramineraler.se%2Fwp-content%2Fuploads%2F2018%2F12%2FBara_Mineraler_Produktkatalog_2018_komplett_LR.pdf&usg=AOvVaw2zmFl3RBJa_Tj1eum84iFU)

Boverket (2010). Sverige. *Mångfunktionella ytor [Elektronisk resurs] : klimatanpassning av befintlig bebyggd miljö i städer och tätorter genom grönstruktur*. Karlskrona: Boverket.  
Tillgänglig: [https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2010/mangfunktionella\\_ytor.pdf](https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2010/mangfunktionella_ytor.pdf) [2019]

Breuer, L., Eckhardt, K., Frede, H-G. (2003). *Plant parameter values for models in temperate climates*. [Elektronisk resurs]. Justus-Leibig-University Giessen.  
Tillgänglig: [https://ac.els-cdn.com/S0304380003002746/1-s2.0-S0304380003002746-main.pdf?\\_tid=6fbdd329-f85c-4829-b2ea-7fad-0a0cf140&acdnat=1544781027\\_07133eea078787c56ceef63eb4a1c849](https://ac.els-cdn.com/S0304380003002746/1-s2.0-S0304380003002746-main.pdf?_tid=6fbdd329-f85c-4829-b2ea-7fad-0a0cf140&acdnat=1544781027_07133eea078787c56ceef63eb4a1c849) [2018]

CIRIA (2015) *The SuDS manual*. London: CIRIA.  
Tillgänglig: <https://ciria.sharefile.com/share/view/0d5081581c6b49c6> [2018]

Fieldhouse, K. & Hitchmough, J. (red.) (2004). *Plant user handbook: a guide to effective specifying*. Edited by James Hitchmough and Ken Fieldhouse. Oxford: Blackwell Pub..

Fridell, K. & Jergmo, F. (2015). *Regnbäddar - biofilter för behandling av dagvatten*. Alnarp: Movium.

Glenz, C, Schlaepfer, R, Iorgulescu & Kienast, F. (2006). *Flooding tolerance of Central European tree and shrub species*. Forest ecology and management, vol. 235. Tillgänglig: [http://www.academia.edu/31751548/Flooding\\_tolerance\\_of\\_Central\\_European\\_tree\\_and\\_shrub\\_species](http://www.academia.edu/31751548/Flooding_tolerance_of_Central_European_tree_and_shrub_species) [2017-04-11]

Herrera Environmental Consultants. (2008). *The Effects of Trees on Stormwater Runoff*. [Elektronisk resurs] Seattle: Herrera Environmental Consultants, inc. Tillgänglig: <https://urbanforestrysouth.org/resources/library/ttresources/the-effects-of-trees-on-stormwater-runoff> [2018]

Köpenhamns kommun (2016). *Tåsinge Plads, Klimatkvarter*. Teknik- og Miljøforvaltningen, Köpenhamns kommun.  
<http://klimakvarter.dk/projekt/tasinge-plads/> [2019]

Lindfors, T., Bodin-Sköld, H., Larm, T. (2014). *Grågröna systemlösningar för hållbara städer: Inventering av dagvattenlösningar för urbana miljöer*. VINNOVA. [Elektronisk resurs] <https://docplayer.se/storage/21/1192913/1547222562/WoiMpFMbJafpMS9YCXFG5g/1192913.pdf> [2018]

Lindsey, P. & Bassuk, N. (1991) *Specifying soil volumes to meet the water needs of mature urban street trees and trees in containers*. [Elektronisk resurs] Urban Horticulture Institute. Cornell University, Ithaca, N.Y. Tillgänglig: [https://www.researchgate.net/publication/242614794\\_Specifying\\_soil\\_volumes\\_to\\_meet\\_the\\_water\\_needs\\_of\\_mature\\_urban\\_street\\_trees\\_and\\_trees\\_in\\_containers](https://www.researchgate.net/publication/242614794_Specifying_soil_volumes_to_meet_the_water_needs_of_mature_urban_street_trees_and_trees_in_containers) [2018]

Lunds universitet (2013). *Ekosystemtjänster i det skånska jordbrukslandskapet*. Lund: Centrum för miljö- och klimatforskning, Lunds universitet.

Millennium Ecosystem Assessment (Program) (2005). *Ecosystems and human well-being: synthesis*. Washington, DC: Island Press.

Nationalencyklopedin. [Elektronisk resurs]  
<https://www.ne.se/info/>

Naturvårdsverket (2017). Sverige. *Argument för mer ekosystemtjänster*. [Elektronisk resurs]. Stockholm: Naturvårdsverket. <http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer6400/978-91-620-6736-6.pdf?pid=19706> [2019]

Oke, T.R. (1988). *Street design and urban canopy layer climate*. Energy and Buildings, 11.

Olsson, J., Berg, P., Eronn, A., Simonsson, L., Södling, J., Wern, L. & Yang, W. (2017). *Extremregn i nuvarande och framtida klimat Analyser av observationer och framtidsscenarier* [Elektronisk resurs]. SMHI, Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska institut.

Persson, J., Fridell, K., Gustafsson, E-L., & Englund, J-E. (2014). *Att räkna på vatten en formelsamling för landskapsingenjörer*. [Elektronisk resurs] Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap, Sveriges lantbruksuniversitet, Alnarp.  
<http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:slu:epsilon-e-2353> [2018]

Philadelphia Water Department (2014). *City of Philadelphia Green Streets Design Manual* [Elektronisk resurs] Tillgänglig: [http://www.phillywatersheds.org/img/GSDM/GSDM\\_FINAL\\_20140211.pdf](http://www.phillywatersheds.org/img/GSDM/GSDM_FINAL_20140211.pdf) [2019]

Sjöman, H. & Slagstedt, J. (red.) (2015). *Träd i urbana landskap*. (1. uppl.) Lund: Studentlitteratur.

Sjöman, H., Slagstedt, J. & Bellan, P. (2016). *Låga marktäckande buskar för offentliga miljöer*. Alnarp: Tankesmedjan Movium (Movium Fakta 7-2016) Tillgänglig: [http://www.movium.slu.se/system/files/news/12502/files/movium\\_fakta\\_7\\_2016-laga\\_marktackande\\_buskar\\_for\\_offentliga\\_miljoer-web.pdf](http://www.movium.slu.se/system/files/news/12502/files/movium_fakta_7_2016-laga_marktackande_buskar_for_offentliga_miljoer-web.pdf) [2019]

Skoglund, H. (2018). *Exempelstudie av regnbäddar i nordiskt klimat*. [Elektronisk resurs] Sveriges lantbruksuniversitet, Ultuna. Landskapsarkitektprogrammet (Examensarbete, Avancerad nivå: A2E) [https://stud.epsilon.slu.se/13084/1/skoglund\\_h\\_180111.pdf](https://stud.epsilon.slu.se/13084/1/skoglund_h_180111.pdf) [2019]

Stähle, A. (2005). *Mer park i tätare stad* [Elektronisk resurs]. Lic.-avh. Stockholm : Kungliga Tekniska högskolan, 2005.

Stahre, P. (2004). *En långsiktigt hållbar dagvattenhantering: planering och exempel*. Stockholm: Svenskt vatten.

Stockholm Stad (2010). *Övergripande program för miljö och hållbar stadsutveckling i Norra Djurgårdsstaden*. [Elektronisk resurs]. Stockholm. <https://insynsverige.se/documentHandler.ashx?did=34913>

Stockholm Stad (2015). *Norra djurgårdsstaden: Finplanering Landskap, L17555*. 2013-04-12. Exploateringskontoret Stockholm.

Stål, Ö. & Bengtsson, R. (2010). *Plantering och etablering av alléträd*. [Elektronisk resurs] Borlänge: Trafikverket. [https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/11447/RelatedFiles/2010\\_056\\_plantering\\_och\\_etablering\\_av\\_alletrad.pdf](https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/11447/RelatedFiles/2010_056_plantering_och_etablering_av_alletrad.pdf) [2019]

Svenskt vatten (2016) (A). *Avledning av dag-, drän- och spillvatten: funktionskrav, hydraulisk dimensionering och utformning av allmänna avloppssystem ; publikation P110*. Stockholm: Svenskt vatten.



Svenskt Vatten (2016) (B). *Klimatsäkra Samhället* [Elektronisk resurs] [http://www.svensktvatten.se/globalassets/ornat-och-klimat/klimat-och-dag-vatten/klimatsakra\\_samhallet.pdf](http://www.svensktvatten.se/globalassets/ornat-och-klimat/klimat-och-dag-vatten/klimatsakra_samhallet.pdf) [2018]

Svenskt vatten (2007). *Klimatförändringarnas inverkan på allmänna avloppssystem: underlagsrapport till Klimat- och sårbarhetsutredningen*. (1. utg.) Stockholm: Svenskt Vatten. [Elektronisk resurs] <http://www.svensktvatten.se/globalassets/dricksvatten/ravatten/m134.pdf> [2019]

Szota, C., McCarthy, M. J., Sanders, G. J., Farrell, C., Fletcher, T. D., Arndt, S. K., Livesley, S. J. (2018). *Tree water-use strategies to improve storm-water retention performance of biofiltration systems*. [Elektronisk resurs]. Univ Melbourne, Australia. [http://apps.webofknowledge.com/full\\_record.do?product=WOS&search\\_mode=GeneralSearch&qid=1&SID=D1RcaCgnsuLDQxIcp5X&page=1&-doc=1](http://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=1&SID=D1RcaCgnsuLDQxIcp5X&page=1&-doc=1) [2018]

Trafikverket (2018). *Farthinder på enskild väg* [Elektronisk resurs]. Trafikverket. <https://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/vag/Enskilda-vagar/Underhall-av-enskild-vag/farthinder-pa-enskild-vag/> [2019]

Tratalos, J., Fuller, R.A., Warren, P.H., Davies, R.G., Gaston, K.J. (2007). *Urban form, biodiversity potential and ecosystem services*. [Elektronisk resurs] University of Sheffield. [https://ac.els-cdn.com/S0169204607001375/1-s2.0-S0169204607001375-main.pdf?\\_tid=41e61a3b-771b-4d87-a4b5-58b28d3e3752&acdnat=1552477072\\_11aacfc779c954c0d-3ed52a2952147c4](https://ac.els-cdn.com/S0169204607001375/1-s2.0-S0169204607001375-main.pdf?_tid=41e61a3b-771b-4d87-a4b5-58b28d3e3752&acdnat=1552477072_11aacfc779c954c0d-3ed52a2952147c4) [2019]

Trowbridge, P.J. & Bassuk, N. (2004). *Trees in the urban landscape: site assessment, design, and installation*. Hoboken, N.J.: John Wiley.

Urban, J., Tatarinov, F., Nadezhdina, N., Cermak, J., Ceulemans R. (2008) *Crown structure and leaf area of the understorey species* [Elektronisk resurs] Institute of Forest Botany, Dendrology and Geobiocenology, Mendel University of Agriculture and Forestry. [https://www.researchgate.net/publication/225622619\\_Crown\\_structure\\_and\\_leaf\\_area\\_of\\_the\\_understorey\\_species\\_Prunus\\_serotina](https://www.researchgate.net/publication/225622619_Crown_structure_and_leaf_area_of_the_understorey_species_Prunus_serotina) [2019]

Varbergs kommun (2018). *Planprogram för Västerport - Stadsutveckling i Varbergs stad. Godkännandehandling*. [Elektronisk resurs] <https://www.varberg.se/byggabomiljo/varbergvaxer/vasterport/planprogram-met.4.31b5f3a3160a5e16267a0bec.html> [2019]

VISS (2015). *Biofilter*. [Elektronisk resurs]. Vatteninformationssystem Sverige, Länsstyrelsen. <https://viss.lansstyrelsen.se/Measures/EditMeasure-Type.aspx?measureTypeEUID=VISSMEASURETYPE000790> [2018]

Vårt Malmö (2015). *Nybäddat för regn och grönska*. Vårt Malmö: Information från Malmö stad, nr.9, 2015. [Elektronisk resurs] Malmö: Vårt Malmö. [https://malmo.se/download/18.5f3af0e314e7254d70e97dd4/1491299924494/154501\\_VM9\\_final.pdf](https://malmo.se/download/18.5f3af0e314e7254d70e97dd4/1491299924494/154501_VM9_final.pdf) [2019]

## MUNTLIGA KÄLLOR

Kent Fridell, muntligt (2019-02-15). Föreläsning; *Grönblå System i Gaturum*. Kent Fridell, Lärare/forskaradjunkt, SLU, Alnarp.

Patrick Bellan, muntligt (2019-02-25). Föreläsning; *Vegetation i Biofilter och Regnbäddar*. Patrick Bellan, Lärare, SLU, Alnarp.

## FIGURFÖRTECKNING

*Samtliga figurer som ej förekommer i figurförteckningen är producerade av och tillhör Anton Åberg, med fullständiga rättigheter.*

**Figur 10.** *Regnbäddar på Monbijougatan, Malmö.* Fotograf: Kent Fridell

**Figur 11.** *Rain garden, High Point, Seattle.* Fotograf: USEPA Environmental-Protection-Agency [Public domain]. Källa Wiki Commons. Tillgänglig: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rain\\_Garden\\_\(14418205110\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rain_Garden_(14418205110).jpg)

**Figur 13.** *Regnbäddar på Monbijougatan, Malmö.* Foto: Kent Fridell

**Figur 14.** *Regnbäddar på Monbijougatan, Malmö.* Foto: Kent Fridell

**Figur 15.** *Regnbäddar på Tåsinge Plads, Köpenhamn.* Foto: Leif Jørgensen. Källa Wiki Commons. Tillgänglig: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:T%C3%A5singe\\_Plads\\_06.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:T%C3%A5singe_Plads_06.jpg)

**Figur 16.** *Regnbäddar på Tåsinge Plads, Köpenhamn.* Foto: Leif Jørgensen. Källa Wiki Commons. Tillgänglig: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:T%C3%A5singe\\_Plads\\_05.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:T%C3%A5singe_Plads_05.jpg)

**Figur 17.** *Regnbäddar på Jaktgatan, Norra Djurgårdsstaden, Stockholm.* Fotograf: Kent Fridell

**Figur 18.** *Regnbäddar på Jaktgatan, Norra Djurgårdsstaden, Stockholm.* Fotograf: Kent Fridell

**Figur 28.** *Acer rubrum.* Foto: Simone Roda. Källa: Wiki Commons. Tillgänglig: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/73/Canadian\\_maple.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/73/Canadian_maple.jpg)Plads\_05.jpg

**Figur 29.** *Acer x zoeschense.* Källa: Wiki Commons. CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=205135>

**Figur 30.** *Amelanchier laevis.* Foto: Sherief Saleh. Källa: Wiki Commons. Tillgänglig: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cd/A21-1-Amelanchier\\_laevis\\_%28Allegheny\\_Serviceberry%29.JPG](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cd/A21-1-Amelanchier_laevis_%28Allegheny_Serviceberry%29.JPG)

**Figur 31.** *Prunus padus.* Foto: Maasaak. Källa: Wiki Commons. Tillgänglig: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a7/Padus\\_avium\\_flow-ers.JPG](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a7/Padus_avium_flow-ers.JPG)